SNI 04-1920-1990

Standar Nasional Indonesia

Transformator arus

ICS 29.180

Badan Standardisasi Nasional

KATA PENGANTAR

Standar Listrik Indonesia (SLI) Nomor : $\frac{\text{SLI 077 - 1987}}{\text{a. 061}}$ yang berjudul "Transformator Arus"
dimaksudkan untuk dipakai oleh Pedesaan dan Pabrikan. Sesuai dengan kebijaksanaan Pemerintah di bidang standardisasi ketenagalistrikan menetapkan Publikasi IEC merupakan sumber utama referensi, maka dalam rangka tersebut, pada perumusan SLI No : $\frac{\text{SLI 077 - 1987}}{\text{a. 061}}$ dipilih mengadopsi SPLN 76 : 1987 yang diangkat dari Publikasi IEC 186 (1987)

Standar ini disusun oleh Panitia Teknik Transformator yang dibentuk berdasarkan Surat Keputusan Direktur Jenderal Listrik dan Energi Baru No. 048-12/40/600.1/1986 Tanggal 17 Nopember 1986.

Penyusunan standar ini melalui tahap rapat Kelompok Kerja dan rapat Pleno Panitia Teknik, kemudian dibahas dalam Forum Musyawarah Ketenagalistrikan yang diselenggarakan pada tanggal 29 s/d 31 Maret 1988 di Jakarta.

Pemerintah Cq. Direktorat Jenderal Listrik dan Energi Baru memberikan kesempatan seluas-luasnya kepada konsumen standar ini untuk memberikan bahan masukan baru yang tentunya akan sangat membantu dalam proses "Up dating standar" dan yang akan selalu dilakukan secara berkala untuk disesuaikan dengan perkembangan teknologi terakhir.

Semoga standar ini dapat bermanfaat bagi para pemakai pelengkap perangkat lunak (sofware) dalam menunjang pembangunan negara kita ini.

Jakarta, Agustus 1988
DIREKTUR JENDERAL LISTRIK DAN ENERGI BARU

ttd.

Prof. Dr. A. Arismunandar
NIP. 110008554

TRANSFORMATOR ARUS

RUJUKAN

Standar ini diangkat seutuhnya dan diterjemahkan ke dalam Bahasa Indonesia dari IEC Publication 185 (1987) : Current Transformers. *)

Bilamana ditemukan hal-hal yang meragukan agar merujuk kembali Publikasi IEC tersebut di atas.

---

*) Bilamana dianggap perlu dapat ditambahkan : "kecuali ditambahkan catatan mengenai pembatasan berlakunya di Indonesia di bawah Ayat ....."

DAFTAR ISI

TRANSFORMATOR ARUS

1. PERSYARATAN UMUM BERLAKU UNTUK SEMUA TRANSFORMATOR ARUS

1.1 Umum

1.1.1 Ruang lingkup

Standar ini berlaku untuk transformator arus yang baru, yang digunakan dengan instrumen ukur listrik dan alat pengaman listrik pada frekuensi antara 15 Hz sampai 100 Hz.
Meskipun pada dasarnya persyaratan berhubungan dengan transformator kumparan terpisah, namun apabila sesuai, berlaku juga untuk transformator belitan tunggal.

1.1.2 Kondisi kerja

Bila tidak ditentukan lain, transformator arus harus cocok digunakan pada kondisi kerja berikut :

1.1.2.1 Suhu udara sekitar

Maksimum	: 40°C
Rata-rata harian, tidak lebih dari	: 30°C
Minimum, untuk transformator jenis pasangan dalam	: – 5°C
Minimum, untuk transformator jenis pasangan luar	: –25°C

1.1.2.2 Ketinggian.

Sampai 1000 m diatas permukaan laut.

1.1.2.3 Kondisi Atmosfir.

Atmosfir dengan polusi yang tidak berat.

1.1.2.4 Sistem Pembumian

1) Sistem netral terisolasi (lihat definisi sub ayat 1.1.3.18)
2) Sistem dibumikan beresonansi (lihat definisi sub ayat 1.1.3.19)
3) Sistem netral dibumikan (lihat definisi sub ayat 1.1.3.20)
   a) Sistem netral dibumikan efektif.
   b) Sistem netral dibumikan tidak efektif.

Catatan : Pabrikan harus diberitahu bila kondisinya berbeda dari kondisi diatas, termasuk kondisi transportasinya.

1.1.3 Definisi

Dalam standar ini berlaku definisi dibawah ini.
Beberapa definisi sependapat atau serupa dengan yang ada pada IEC 50 (321): International Electrotechnical Vocabulary.

Chapter 321 : Instrumen Transformers. Hal ini ditunjukkan oleh nomor-nomor acuan I.E.V. yang relevan didalam tanda kurung.

1.1.3.1 Transformator instrumen.

Sebuah transformator yang dimaksud untuk mencatu instrumen ukur, meter, rele, dan alat serupa lainnya (321 - 01 - 01 yang dimodifikasi).

1.1.3.2 Transformator arus.

Transformator instrumen dimana dalam kondisi pemakaian normal, arus sekunder benar-benar proporsional dengan arus primernya dan berbeda fase dengan sudut yang mendekati nol untuk arah hubungan yang bersesuaian (321 - 02 - 01).

1.1.3.3 Belitan primer.

Belitan dimana mengalir arus yang akan ditransformasikan.

1.1.3.4 Belitan sekunder.

Belitan yang mencatu sirkit arus instrumen ukur, meter, rele, atau peralatan yang serupa.

1.1.3.5 Sirkit sekunder.

Sirkit luar yang dicatu oleh belitan sekunder transformator.

1.1.3.6 Arus primer pengenal.

Besarnya arus primer yang dijadikan dasar unjuk kerja transformator (321 - 01 - 11 yang dimodifikasi).

1.1.3.7 Arus sekunder pengenal.

Besarnya arus primer yang dijadikan dasar unjuk kerja transformator (321 - 01 - 15 yang dimodifikasi)

1.1.3.8 Rasio transformasi sebenarnya.

Rasio antara arus primer sebenarnya dengan arus sekunder sebenarnya (321 - 01 - 17 yang dimodifikasi)

1.1.3.9 Rasio transformasi pengenal.

Rasio antara arus primer pengenal dengan arus sekunder pengenal (321 - 01 - 19 yang dimodifikasi).

1.1.3.10 Kesalahan arus (kesalahan rasio).

Kesalahan transformator pada pengukuran arus, yang muncul dari kenyataan bahwa rasio transformasi sebenarnya, tidak sama dengan rasio transformasi pengenal (321 - 01 - 21 yang dimodifikasi)
Kesalahan arus dinyatakan dalam persen dengan rumus :

$$\text{Kesalahan arus } \% = \frac{(K_n I_s - I_p) \times 100}{I_p}$$

dimana Kn adalah rasio transformasi pengenal, Ip adalah arus primer sebenarnya dan Is adalah arus sekunder sebenarnya pada waktu Ip mengalir, selama pengukuran.

1.1.3.11 Pengeseran fase.

Perbedaan fase antara vektor arus primer dan sekunder, arah vektor dipilih sedemikian rupa sehingga sudutnya nol untuk transformator tanpa kesalahan (321-01-23 yang dimodifikasi). Pergeseran fase dikatakan positip bila vektor arus sekunder mendahului vektor arus primer. Pergeseran fase dinyatakan dalam menit atau centi-radian.

Catatan : Definisi ini hanya benar-benar betul untuk arus yang sinusoidal.

1.1.3.12 Kelas ketelitian.

Sebutan yang diberikan pada transformator yang dalam penggunaan normal, kesalahannya tetap dalam batas yang ditentukan.

1.1.3.13 Beban.

Impedansi rangkaian sekunder dalam ohm dan faktor daya.
Beban biasanya dinyatakan sebagai daya semu dalam voltampere yang diserap pada faktor daya tertentu dan pada arus sekunder pengenal.

1.1.3.14 Beban pengenal.

Besarnya beban yang dijadikan dasar syarat ketelitian.

1.1.3.15 Keluaran pengenal.

Besarnya daya semu transformator (dalam voltampere pada faktor daya tertentu) yang dicatu ke sirkit sekunder pada arus sekunder pengenal dan dengan beban pengenal yang berhubungan dengannya.

1.1.3.16 Tegangan tertinggi untuk peralatan.

Tegangan fase-fase r.m.s. tertinggi dimana transformator didesain sesuai dengan isolasinya.

1.1.3.17 Tingkat isolasi pengenal.

Kombinasi besarnya tegangan, yang menjadi sifat isolasi transformator dalam hubungannya dengan kemampuan menahan tekanan dielektrik.

1.1.3.18 Sistem netral terisolasi.

Sistem yang sama sekali tidak berhubungan dengan bumi, kecuali melalui alat penunjuk, pengukur maupun pengaman dengan impedansi yang sangat tinggi.

1.1.3.19 Sistem dibumikan beresonansi (sistem yang dibumikan melalui sebuah kumparan pemadam-busur).

Sistem yang dibumikan melalui sebuah reaktor. Besarnya reaktans ditentukan sedemikian-rupa hingga sewaktu terjadi gangguan fase-ke-bumi tunggal, arus induktif frekuensi kerja yang dialirkan melalui reaktor ini akan menetralisasi komponen kapasitif frekuensi kerja arus gangguan ke bumi.

Catatan : Dengan pembumian beresonansi dari sistem, arus gangguannya dibatasi sedemikian rupa hingga gangguan busur di udara dapat padam sendiri.

1.1.3.20 Faktor pembumian.

Satu lokasi terpilih di sistem fase tiga (umumnya titik instalasi suatu peralatan), untuk susunan sistem tertentu, adalah rasio, dinyatakan dalam persen, antara tegangan frekuensi-kerja fase-ke-bumi r.m.s. tertinggi pada fase yang tidak terganggu dilokasi terpilih tersebut sewaktu gangguan ke bumi mempengaruhi satu fase atau lebih, dengan tegangan frekuensi kerja fase-ke-fase r.m.s. yang diperoleh dilokasi terpilih tersebut pada waktu gangguan hilang.

1.1.3.21 Sistem netral dibumikan.

Sistem yang netralnya dihubungkan ke bumi, baik langsung maupun melalui hambatan atau reaktansi yang cukup rendah, untuk mengurangi osilasi transein dan untuk memberikan arus yang cukup bagi pengaman gangguan ke bumi yang selektif :

a). Sistem yang netralnya dibumikan efektif pada lokasi tertentu adalah sistem yang ditandai oleh faktor pembumian pada titik ini, tidak lebih dari 80%

Catatan : Kondisi ini diperoleh secara umum bila, untuk semua konfigurasi sistem, rasio antara reaktans urutan nol dengan reaktans urutan positip kurang dari tiga dan rasio antara hambatan urutan nol dengan reaktans urutan positip kurang dari satu.

b). Sistem dengan netral dibumikan nol efektif dilokasi tertentu, adalah sistem yang ditandai oleh faktor pembumian pada titik ini, boleh lebih dari 80%.

1.1.3.22 Instalasi terbuka.

Suatu instalasi dimana peralatannya dapat dipengaruhi tegangan lebih yang berasal dari atmosfir.

Catatan : Instalasi yang demikian selalu disambung pada transmisi saluran udara baik tidak langsung atau melalui kabel pendek.

1.1.3.23 Instalasi tak terbuka.

Suatu instalasi dimana peralatannya tidak bisa dipengaruhi tegangan lebih yang berasal dari atmosfir.

Catatan : Instalasi yang demikian selalu disambung ke jaringan kabel.

1.1.3.24 Frekuensi pengenal.

Suatu nilai frekuensi yang didasarkan kepada syarat spesifikasi.

1.1.3.25 Arus termal singkat pengenal (I th)

Besarnya arus primer (r.m.s.) pengenal yang dapat ditahan, transformator selama 1 (satu) detik, tanpa menimbulkan kerusakan, belitan sekunder berhubung singkat.

1.1.3.26 Arus dinamik pengenal (I dyn).

Nilai puncak arus primer yang dapat ditahan transformator, tanpa merusak sifat listrik atau mekanik akibat gaya elektromagnetik, belitan sekunder terhubung singkat.

1.1.3.27 Arus termal kontinu pengenal.

Harga arus kontinu yang diijinkan mengalir pada belitan primer dengan belitan

sekundernya berbeban pengenal, dimana kenaikan suhunya tidak melebihi batas yang ditentukan.

1.2 Syarat Kemampuan dan Unjuk Kerja Berlaku Untuk Semua Jenis Transformastor Arus.

1.2.1 Nilai standar arus primer pengenal.

1.2.1.1 Transformator rasio tunggal.

Nilai standar dari arus primer pengenal :
10 - 12,5 - 15 - 20 - 25 - 30 - 40 - 50 - 60 - 75 ampere
dan perkalian desimalnya atau pecahannya. Angka yang bergaris lebih disukai.

1.2.1.2 Transformator rasio ganda.

Nilai standar arus yang tercantum pada sub ayat 1.2.11, mengacu pada nilai arus primer pengenal terendah.

1.2.2 Nilai standar arus sekunder pengenal.

Nilai standar arus sekunder pengenal adalah 1,2 dan 5 ampere. Tetapi nilai pilihan adalah 5 ampere.

Catatan:
- Pada transformator untuk kelompok hubung-delta, nilai standar pengenalnya dibagi $\sqrt{3}$.
- Nilai 2 ampere tidak digunakan di Indonesia.

1.2.3 Arus termal kontinyu pengenal.

Jika tidak ditentukan lain, arus termal kontinyu pengenal adalah arus primer pengenalnya. (lihat sub ayat 2.2.3).

1.2.4 Nilai standar keluaran pengenal.

Keluaran pengenal standar sampai dengan 30 VA adalah :

2,5 - 5,0 - 10 - 15 dan 30 VA.

Nilaia diatas 30 VA dipilih untuk penggunaan yang cocok.

Catatan : Untuk transformator tertentu, asalkan salah satu nilai keluaran adalah standar dan berkait dengan kelas ketelitian standar, pernyataan nilai keluaran pengenal yang lain, yang mungkin nilainya non standar, tetapi berkaitan dengan kelas ketelitian standar yang lain, tidak dapat dihindarkan.

1.2.5 Nilai pengenal arus singkat.

Transformator arus yang primernya berupa belitan atau penghantar tunggal, harus memenuhi tersebut sub ayat 1.2.1.1 dan 1.1.8.2 berikut :

1.2.5.1 Nilai pengenal termis (thermal rating).

Arus termal singkat pengenal yang diperuntukkan bagi transformator (lihat definisi sub ayat 1.1.3.25).

1.2.5.2 Nilai pengenal dinamik.

Besarnya arus dinamik pengenal (I dyn) biasanya 2,5 kali arus termal singkat pengenal (I th) dan bila berbeda dari angka tersebut, besarnya arus dinamik pengenal harus ditunjukkan pada papan nama. (lihat definisi 1.1.3.26).

1.2.6 Batas kenaikan suhu.

Dengan arus primer sebesar arus termal kontinyu pengenal pada belitan primer dan beban yang sesuai dengan keluaran pengenal, faktor daya satu, maka kenaikan suhu transformator tidak boleh melebihi nilai tersebut pada tabel I. Nilai-nilai ini didasarkan pada kondisi kerja tersebut pada ayat 2.

- Jika suhu kitar disebutkan lebih dari angka yang diberikan pada sub-ayat 1.1.2.1 kenaikan suhu yang diperbolehkan dalam Tabel I harus dikurangi dengan kelebihan suhu kitar tersebut.

- Jika transformator dirancang untuk digunakan pada ketinggian lebih dari 1000 meter dan diuji pada ketinggian kurang dari 1000 meter batas kenaikan suhu tersebut pada tabel I, harus dikurangi persentasi dibawah ini untuk setiap 100 meter :

  a). Transformator terendam minyak 0,4 %
  b). Transformator jenis kering 0,5 %

Kenaikan suhu belitan dibatasi oleh kelas isolasi terendam, baik belitan itu sendiri maupun media sekeliling yang melekat.

Kenaikan suhu maksimum dari kelas-kelas isolasi diberikan pada tabel I.

Tabel I
Batas-batas kenaikan suhu belitan

Kelas isolasi (disesuaikan dengan IEC Publikasi 85)	Kenaikan suhu maks. (K)
– Semua Kelas, terendam minyak.	60
– Semua kelas, terendam minyak dan tertutup rapat	65
– Semua kelas, terendam kompon aspal.	50
– Kelas-kelas yang tidak terendam minyak atau kompon aspal.	
Y	45
A	60
E	75
B	85
F	110
H	135

Catatan : Dengan beberapa produk (yakni resin), pabrikan akan menentukan kelas isolasi yang berkaitan.

Apabila transformator dilengkapi tangki konservator dengan ruang udara diatas minyak atau yang kedap udara, kenaikan suhu minyak pada bagian atas tangki atau rangka tidak boleh lebih dari 55 K.

Apabila transformator tidak dilengkapi tangki konservator, kenaikan suhu minyak pada bagian atas bak atau rangka tidak boleh lebih dari 50 K.

Kenaikan suhu yang diukur pada permukaan luar inti kumparan dan bagian logam lainnya yang kontak atau berdekatan dengan isolasi tidak boleh melebihi harga yang diijinkan dalam Tabel I.

1.2.7 Syarat isolasi.

1.2.7.1 Tingkat isolasi pengenal, belitan primer.

Pemilihan tingkat isolasi untuk transformator yang mempunyai tegangan tertinggi untuk peralatan lebih besar atau sama dengan 3,6 kV, harus dibuat sesuai dengan IEC Publication 71 : Insulation Coordination. Transformator yang mempunyai tegangan tertinggi untuk peralatan lebih kecil dari 3,6 kV, tingkat isolasi ditentukan oleh tegangan ketahanan frekuensi kerja selang waktu-singkat pengenal.

1.2.7.1.1 Belitan yang mempunyai tegangan tertinggi untuk peralatan dalam julat 3,6 kV $\leq$ Um $<$ 300 kV, tingkat isolasi pengenal, yang didefinisikan oleh impuls-petir pengenal dan tegangan ketahanan frekuensi-kerja selang waktu singkat, adalah salah satu angka pada Tabel II A dan II B.

1.2.7.1.2 Belitan yang mempunyai tegangan tertinggi untuk peralatan $\geq$ 300 kV, tingkat isolasi pengenal, yang didefinisikan oleh tegangan impuls hubung dan petir pengenal, adalah salah satu angka pada Tabel II C.

Catatan : pada julat tegangan ini, perlu dipertimbangkan bahwa impuls hubung harus diutamakan pada pemilihan tingkat isolasi.

1.2.7.1.3 Syarat lain untuk isolasi belitan primer.

1.2.7.1.4 Tegangan ketahanan frekuensi-kerja.

Belitan yang mempunyai tegangan tertinggi untuk peralatan Um $\geq$ 300 kV juga harus mampu menahan pengujian frekuensi kerja yang ditentukan. Dua alternatif metoda uji untuk belitan dalam kategori ini, disajikan dalam standar ini, metoda tersebut berdasarkan perbedaan syarat sehubungan dengan tegangan uji dan prosedur uji.

Metoda I: belitan harus tahan terhadap tegangan ketahanan frekuensi-kerja selang waktu singkat, sesuai dengan tegangan impuls petir pengenal yang dipilih dari tabel II D.

Metoda II : belitan harus tahan terhadap pengujian frekuensi-kerja dengan selang waktu yang lebih lama pada tingkat tegangan lebih rendah dari pengujian selang waktu singkat, dikombinasikan dengan syarat pengujian pelepasan parsial (Partial discharge). Tegangan uji yang dihubungkan dengan tegangan tertinggi untuk peralatan Um, terdapat pada tabel II E.

Metoda I harus digunakan, bila tidak disebutkan secara khusus.

Penggunaan Metoda II memerlukan persetujuan antara pabrikan dan pembeli.

Catatan : pengujian dengan metoda I dapat didahului oleh pengujian impuls-petir dengan maksud melengkapi pengujian rutin dielektrik atas belitan primer. Bila Metoda I yang digunakan, pengujian impuls petir dapat dianggap sebagai pengujian jenis.

Tabel II A

Tingkat isolasi pengenal untuk belitan primer transformator yang mempunyai tegangan tertinggi untuk peralatan lebih rendah dari 300 kV.

Tegangan tertinggi untuk perkakas Um (rms) kV	Tegangan ketahanan impuls petir pengenal (puncak) kV	Tegangan ketahanan frekuensi-kerja selang waktu singkat (rms) kV
0,72		3
1,2		6
	20	10
3,6		
	40	10
	40	20
7,2		
	60	20
	60	28
12		
	75	28
	75	38
17,5		
	95	38
	95	50
24		
	125	50
	145	70
36		
	170	70
52	250	95
72,5	325	140
	450	185
123		
	550	230
145		
	650	275
170		
	750	360
	850	395
	950	460
245	1050	

Tabel II B

Tingkat isolasi pengenal untuk belitan primer transformator yang mempunyai tegangan tertinggi untuk peralatan lebih rendah dari 52 kV.
Didasarkan pada penggunaan praktis di Amerika Serikat dan beberapa negara lain.

Tegangan tertinggi untuk perkakas Um (rms).	Tegangan ketahanan impuls petir pengenal (puncak) Sistem tenaga		Tegangan ketahanan frekuensi-kerja selang waktu singkat pengenal (rms)
	≤ 500 kVA	> 500 kVA	
kV	kV	kV	kV
4,40	60	75	19
13,20			
13,97	95	110	34
14,52			
26,4	150		50
36,5	200		70

Tabel II C

Tingkat isolasi pengenal untuk belitan transformator yang mempunyai tegangan tertinggi untuk peralatan lebih tinggi dari atau sama dengan 300 kV.

Tegangan tertinggi untuk perkakas Um (rms). kV	Tegangan ketahanan impuls-hubung pengenal (puncak) kV	Tegangan ketahanan impuls-petir pengenal (puncak) kV
	750	950
300	850	1050
	850	1050
362	950	1175
	950	1175
420	1050	1300
	1050	1425
	1050	1425
525	1175	1550
	1300	1800
765	1425	2100
	1550	2400

Tabel II D

Metoda I : Tegangan ketahanan frekuensi-kerja untuk belitan primer transformator yang mempunyai tegangan tertinggi untuk peralatan lebih tinggi atau sama dengan 300 kV.

Tegangan ketahanan impuls petir pengenal (puncak) kV	Tegangan ketahanan frekuensi-kerja selang waktu singkat pengenal (rms) kV
950	395
1050	460
1175	510
1300	570
1425	630
1550	680
1800	790
2100	880
2400	975

Tabel II E

Metoda II : Tegangan uji frekuensi-kerja untuk belitan yang mempunyai tegangan tertinggi untuk peralatan lebih tinggi dari atau sama dengan 300 kV.

Tegangan tertinggi untuk perkakas Um (rms). kV	Tegangan tekanan 10 detik (rms). kV	Tegangan uji pelepasan sebagian (rms). kV
300	395	225
362	460	270
420	510	315
525	630	395
765	790/880 *	575

* Ditentukan oleh tegangan ketahanan impuls-petir pengenal (lihat tabel II D)

Catatan : Nilai tegangan yang ditentukan, bersifat sementara dan dapat diubah sesuai pengalaman dan revisi IEC Publication 44-4 : Instrument Transformer, Part 4 : Measurement of Partial Discharge.
Tingkat tegangan lainnya dapat digunakan, disesuaikan dengan kondisi jaringan dan memerlukan persetujuan antara pabrikan dan pembeli.

1.2.7.2 Pelepasan sebagian (Partial Discharge).

Besarnya pelepasan sebagian yang diijinkan, syarat pengukurannya tercantum pada IEC Publication 44-4 yang berlaku untuk semua transformator arus, kecuali transformator dengan Um > 300 kV, yang ditentukan berdasarkan metoda II (lihat sub ayat 1.5.2.3.2).

1.2.7.2.1 Impuls petir terpotong.

Bila ketentuan ini ada, belitan primer juga harus tahan terhadap tegangan impuls-petir terpotong dengan tegangan puncak sama dengan tegangan impuls-petir penuh.

1.2.7.2.2 Pengukuran faktor disipasi dielektrik.

Bila ketentuan ini ditambahkan, faktor disipasi dielektrik (tan δ) harus diukur. Pengukuran hanya dilakukan terhadap transformator dengan isolasi belitan primer terendam cairan dengan Um ≥ 72,5 kV. Besarnya faktor disipasi dielektrik yang diizinkan, yang diukur pada tegangan yang tidak lebih tinggi dari Um √3, dikenakan juga pada ketentuan tambahan.

Catatan : 1. Faktor disipasi dielektrik tergantung pada tegangan dan suhu.
2. Pengukuran faktor disipasi dielektrik pada tegangan rendah (misalnya 2,5 kV sampai 10 kV) dapat digunakan sebagai nilai acuan, untuk menentukan isolasi yang gagal pada waktu operasi.

1.2.7.3 Syarat isolasi antar-seksi.

Bila belitan-belitan primer dan sekunder dibagi dalam dua seksi atau lebih, isolasi antar-seksi harus mampu menahan tegangan ketahanan frekuensi kerja selang waktu -singkat pengenal sebesar 3 kV (rms) selama 1 menit.

1.2.7.4 Syarat isolasi untuk belitan sekunder.

Isolasi belitan sekunder harus mampu menahan tegangan ketahanan frekuensi-kerja selang waktu-singkat sebesar 3 kV (rms) selama 1 menit.

1.2.7.5 Syárat isolasi antar lilitan.

Isolasi antar lilitan dari belitan, harus mampu menahan tegangan lebih antar lilitan sebesar 4,5 kV (puncak) selama 1 menit, melalui belitan sekunder selengkapnya.

Pada beberapa jenis transformator, nilai yang lebih rendah dapat diterima sesuai dengan prosedur uji pada sub ayat 1.3.4.

1.2.7.6 Jarak rambat.

Untuk isolasi pasangan luar yang peka terhadap polusi, syarat minimum jarak rambat diukur pada permukaan isolasi, diberikan pada Tabel III. Sebagai tambahan, rasio antara jarak rambat minimum seluruhnya dan jarak busur api, umumnya tidak boleh lebih besar dari 3.5.1.

Tabel III

Tingkat polusi	Jarak rambat spesifik nominal minimum antara fase dan bumi (mm/kV fase-fase)
I ringan	16
II menengah	20
III berat	25
IV sangat berat	31

Catatan :

1. Definisi berbagai kelas polusi masih dalam pertimbangan. Perlu ditekankan bahwa unjuk kerja isolasi permukaan sangat dipengaruhi oleh bentuk isolator.
2. Uji polusi buatan, dinyatakan dalam IEC Publication 507 (Report) : Artificial Polution test on High Voltage insulator to be used on A.C system, tidak termasuk dalam standar ini. Masih lebih banyak pengalaman yang diperlukan sebelum syarat uji berdasarkan laporan (report) ini dikeluarkan.

1.2.7.7 Ketinggian.

Pelepasan yang merusak dari isolator luar tergantung pada kondisi atmosfir yang berlaku umum. Untuk menentukan bahwa tegangan ketahanan isolasi luar sebuah transformator arus yang akan dioperasikan pada ketinggian melebihi 1000 m diatas permukaan laut sudah mencukupi, biasanya jarak busur dinaikan.

Sebagai petunjuk umum, tegangan ketahanan pengenal, dimana jarak busur menjadi dasarnya, harus dinaikan 1% untuk tiap 100 m, kelebihan dari 1000 m di atas laut.

1.3 Pengujian Umum

1.3.1 Klasifikasi pengujian.

Pengujian yang ditentukan dalam standar ini diklasifikasikan dalam uji jenis, uji rutin dan uji khusus.

Uji jenis

Pengujian yang dilakukan pada sebuah transformator dari tiap jenis, untuk memperlihatkan bahwa semua transformator dengan spesifikasi yang sama, dapat memenuhi syarat yang tidak ditentukan pada pengujian rutin.

Catatan : Pengujian jenis dapat dianggap berlaku apabila dilakukan pada sebuah transformator yang mempunyai penyimpangan kecil (minor deviations) penyimpangan tersebut harus dibicarakan antara pabrik dan pembeli.

Uji rutin.

Uji yang dilakukan pada setiap transformator.

Uji khusus.

Pengujian yang lain dari pengujian jenis atau pengujian rutin, yang disetujui bersama antara pabrik dan pembeli.

1.3.1.1 Pengujian Jenis.

Pengujian berikut adalah pengujian jenis, yang mengacu pada ayat yang bersangkutan.

a). Pengujian arus waktu singkat (sub ayat 1.4.1).
b). Pengujian kenaikan suhu (sub ayat 1.4.2).
c). Pengujian impuls-petir (sub ayat 1.4.3.2).
d). Pengujian impuls-hubung (sub ayat 1.4.3.3).
e). Pengujian basah untuk transformator jenis pasangan luar (sub ayat 1.4.4).
f). Penentuan kesalahan (sub ayat 2.3.1, 2.3.3 dan 3.3.2).

Semua uji jenis dielektrik harus dilakukan terhadap transformator yang sama, kecuali bila ditentukan lain.
Setelah transformator dikenakan pengujian jenis dielektrik tersebut sub ayat 1.3.1.1, pengujian dilanjutkan dengan uji rutin seperti tersebut sub ayat 1.3.1.2.

1.3.1.2 Uji rutin.

Berikut ini adalah uji rutin, rinciannya mengacu pada ayat-ayat yang bersangkutan.

a). verifikasi penandaan terminal (sub ayat 1.5.1).
b). Pengujian ketahanan frekuensi-kerja pada belitan sekunder (sub ayat 1.5.2).
c). Pengujian ketahanan frekuensi-kerja antara seksi-seksi (sub ayat 1.5.3).
d). Pengujian tegangan lebih antara lilitan (sub ayat 1.5.4).
e). Pengujian ketahanan frekuensi-kerja pada belitan primer (sub ayat 1.5.2).
f). Pengukuran pelepasan sebagian (sub ayat 1.5.2.).
g). Penentuan kesalahan (sub ayat 30 dan 40).

Terlepas dari kenyataan bahwa penentuan kesalahan (urutan g) harus dilaksanakan setelah uji urutan b), c) dan d), tingkat atau kemungkinan kombinasi pengujian lainnya tidak distandarkan. Pengulangan uji frekuensi pada belitan primer, arus

dikerjakan pada 80 % tegangan uji yang ditentukan, kecuali bila pengujian daya metoda ii yang dilaksanakan.

1.3.1.3 Uji khusus.

Pengujian berikut adalah uji khusus, rinciannya mengacu pada ayat-ayat bersangkutan.

a). Pengujian implus-petir terpotong (sub ayat 1.3.1)
b). Pengukuran faktor disipasi dielektrik (sub ayat 1.6.2)

1.4 Uji Rutin

1.4.1 Pengujian arus singkat.

Pada pengujian arus termal singkat, I th, suhu awal transformator harus diantara 17°C dan 27°C. Pengujian ini dilakukan dengan menghubung-singkatkan belitan sekunder dan arus sebesar I dan waktu t dialirkan pada belitan primer.

Besar arus I sedemikian hingga (I.t) tidak kurang dari (I th) dimana t besarnya antara 0,5 dan 5 detik. Pengujian dinamik dilakukan dengan menghubung-singkatkan belitan sekunder dan arus dialirkan pada belitan primer dengan harga puncak tidak boleh kurang dari arus dinamik pengenal (I dyn), paling sedikit satu puncak. Pengujian dinamik boleh dikombinasikan dengan pengujian termal asalkan arus puncak pertama yang besar dari pengujian tersebut tidak kurang dari arus dinamik pengenalnya (I dyn). Transformator dapat dikatakan lulus uji bila, setelah pendinginan pada suhu kitar (antara 10°C dan 30°C), memenuhi syarat sebagai berikut :

a). Tidak terlihat adanya kerusakan
b). Kesalahan setelah demagnetisasi, tidak boleh berbeda dari sebelum pengujian, lebih besar dari setengah batas kesalahan yang diijinkan.
c). Tahan terhadap pengujian dielektrik yang ditentukan pada sub ayat 1.4.4, 1.5.1 dan 1.5.2, tetapi dengan tegangan atau arus uji yang berkurang sampai 90% dari yang ditentukan.
d). Dalam pemeriksaan, isolasi yang berdekatan dengan permukaan penghantar tidak memperlihatkan adanya kerusakan, misalnya karbonisasi.

Pemeriksaan d) tidak diisyaratkan, bila kepadatan arus pada belitan primer sesuai dengan arus termal singkat pengenal tidak melebihi 160 A/mm^2 dan penghantar belitan adalah tembaga dengan konduktivitas tidak boleh kurang dari 97% dari harga yang diberikan IEC Publication 28, Internasional Standard of Resistance of Copper.

Catatan : Pengalaman menunjukkan bahwa dalam pemakaian, syarat untuk kemampuan termal secara umum dapat dipenuhi oleh isolasi kelas A, asalkan kepadatan arus pada belitan primer, sesuai dengan arus singkat pengenalnya, tidak melebihi 180 A/mm^2 dan penghantar belitannya adalah tembaga dengan konduktivitas tidak kurang dari 97% dari harga yang diberikan IEC Publication 28. Dengan demikian, terpenuhinya syarat ini dapat terjadi pada pengujian, asalkan ada persetujuan antara pabrikan dan pembeli.

1.4.2 Pengujian kenaikan suhu.

Pengujian ini perlu dilakukan untuk membuktikan dipenuhinya syarat tersebut pada sub ayat 1.2.6. Untuk maksud pengujian ini, transformator arus dianggap dapat mencapai suhu ajeg-nya bila laju kenaikan suhu tidak melebihi 1 K tiap jam. Suhu kitar tempat uji antara 10°C dan 20°C. Selama pengujian, transformator dipasang sedemikian rupa, sehingga menyerupai pemasangan waktu digunakan. Bila memungkinkan, kenaikan suhu dapat diperoleh dengan cara mengukur besarnya kenaikan hambatan, tetapi untuk belitan yang hambatannya sangat rendah, suhu diukur menggunakan termokopel.
Kenaikan suhu bagian-bagian lainnya diukur oleh termometer atau termokopel.

1.4.3 Pengujian impuls pada belitan primer.

1.4.3.1 Umum.

Pengujian impuls dilaksanakan berhubungan dengan IEC Publication 60 : High Voltage Test Techniques. Tegangan uji diharapkan antara terminal-terminal belitan primer (saling dihubungkan) dan bumi. Rangka, kotak (bila ada), inti (bila akan dibumikan) dan semua terminal belitan sekunder harus dibumikan. Pada umumnya tegangan impuls terdiri dari penerapan tegangan pada tingkat tegangan acuan dan pengenal. Tegangan impuls acuan harus diantara 50% dan 75% tegangan ketahanan impuls pengenal. Nilai puncak dan bentuk gelombang tegangan impuls harus direkam (record). Kegagalan isolasi karena pengujian dapat dilihat dengan memberikan variasi bentuk gelombang, baik pada tegangan ketahanan acuan maupun pengenal. Perbaikan pada deteksi kegagalan dapat diperoleh dengan merekam tiap arus bumi, sebagai pelengkap dari rekaman tegangan.

1.4.3.2 Pengujian impuls petir.

Besarnya tegangan uji harus sesuai dengan angka-angka Tabel II A, II B dan II C, tergantung dari tegangan tertinggi untuk peralatan dan tingkat isolasi yang ditentukan.

1.4.3.2.1 Belitan dengan Um < 300 kV.

Pengujian harus dilaksanakan pada polaritas positif dan negatif. 15 kali impuls diterapkan berturut-turut untuk tiap polaritas, tanpa dikoreksi oleh kondisi atmosferis.
Transformator lulus uji bila pada tiap polaritas :

- tidak terjadi pelepasan yang merusak (distruptive discharge) pada isolasi dalam yang tidak dapat pulih sendiri (non-selfrestoring internal insulation).
- tidak terjadi loncatan api sepanjang isolasi luar yang tidak dapat memulihkan sendiri.
- tidak terjadi loncatan api lebih dari 2 kali melintasi isolasi luar yang tidak dapat pulih sendiri.
- tidak terlihat adanya kegagalan isolasi yang dapat dideteksi (seperti variasi bentuk gelombang dari besaran yang direkam)

Catatan : Penerapan impuls polaritas positif dan negatif masing-masing sebanyak 15 kali ditentukan untuk menguji isolasi luar.
Bila pengujian lainnya disetujui oleh pihak pabrik dan pembeli untuk

memeriksa isolasi luar, jumlah impuls petir boleh dikurangi sampai 3 untuk tiap polaritas, tanpa dikoreksi oleh kondisi atmosferis.

1.4.3.2.2 Belitan dengan Um ≥ 300 kV.

Pengujian dilaksanakan pada polaritas positif dan negatif, masing-masing sebanyak tiga kali berturut-turut, tanpa dikoreksi kondisi atmosferis.
Trafo dinyatakan lulus uji bila :
- tidak terjadi pelepasan yang merusak.
- tidak ada kegagalan isolasi yang terdeteksi (seperti variasi bentuk gelombang dari besaran yang direkam).

1.4.3.3 Pengujian impuls hubung.

Tegangan uji harus sesuai dengan angka-angka pada Tabel IIC, tergantung dari tegangan tertinggi untuk peralatan dan tingkat isolasi yang ditentukan. Pengujian dilaksanakan pada polaritas positif dan negatif masing-masing sebanyak lima belas kali berturut-turut, tanpa dikoreksi oleh kondisi atmosfir. Transformator jenis pasangan luar harus dikenakan pengujian basah. Pengujian kering tidak disyaratkan.

Transformator dinyatakan lulus uji, bila pada tiap polaritas :
- tidak terjadi pelepasan yang merusak pada isolasi dalam yang tidak dapat pulih sendiri.
- tidak terjadi loncatan api sepanjang isolasi luar yang tidak dapat pulih sendiri.
- tidak terjadi lebih dari dua kali loncatan api melalui isolasi luar yang tidak dapat pulih sendiri.
- tidak ada kegagalan isolasi yang terdeteksi (seperti variasi bentuk gelombang dari besaran yang direkam).

1.4.4 Pengujian basah untuk transformator jenis luar.

Untuk verifikasi unjuk kerja isolasi luarnya, transformator jenis pasangan luar harus diuji basah. Prosedur pembasahan harus sesuai dengan sub ayat 1.2.5.1, IEC Publication 60-1 : High Voltage Test Techniques, Part 1 : General Definition and Test Requirements.

1.4.4.1 Belitan dengan Um < 300 kV.

Pengujian harus dilaksanakan sesuai sub ayat 1.5.2.2. dimana tegangan frekuensi kerja harus dikoreksi dengan kondisi atmosferis.

1.4.4.2 Belitan dengan Um ≥ 300 kV.

Pengujian tegangan impuls-hubung harus diterapkan sesuai dengan sub ayat 4.3.

1.5 Uji Rutin.

1.5.1 Verifikasi penandaan terminal.

Harus dilakukan verifikasi kebenaran penandaan.

1.5.2 Pengujian frekuensi kerja pada belitan primer dan pengukuran pelepasan sebagian.

1.5.2.1 Umum

Pengujian frekuensi kerja dilaksanakan sesuai IEC Publication 60.

Tegangan uji diterapkan antara terminal-terminal belitan primer (saling dihubungkan) dan bumi. Rangka kotak (bila ada), inti (bila akan dibumikan) dan semua belitan sekunder, dibumikan.

Pengukuran pelepasan sebagian dilaksanakan sesuai IEC Publication 44-4. Besarnya gangguan atau kepekaan pengukuran dari rangkaian minimum yang dapat diukur, secara umum harus lebih rendah dari separuh nilai tertentu yang diizinkan.

1.5.2.2 Belitan dengan Um < 300 kV.

Tegangan uji untuk belitan dengan Um < 300 kV, harus sesuai dengan angka + pada Tabel IIA dan IIB, tergantung dari besarnya tegangan tertinggi untuk peralatan. Pengujian harus dilaksanakan selama satu menit sesuai sub ayat 1.5.2.1.

1.5.2.3 Belitan dengan Um ≥ 300 kV.

Pengujian frekuensi-kerja untuk belitan dengan Um >. 300 kV dilaksanakan sesuai dengan salah satu metoda dari ayat dibawah ini. Metoda I harus digunakan bila tidak disebutkan lain. Penggunaan metoda II harus disetujui lebih dulu, baik oleh pihak pabrikan maupun pembeli.

1.5.2.3.1 Metoda I.

Besarnya tegangan uji harus sesuai dengan angka pada tabel II D, tergantung dari tegangan ketahanan impuls-petir pengenal. Pengujian dilaksanakan selama 1 (satu) menit sesuai sub ayat 1.5.2.1.

1.5.2.3.2 Metoda II.

Besarnya tegangan uji harus sesuai dengan angka pada tabel II E, tergantung dari tegangan tertinggi untuk peralatan. Prosedur pengujian metoda II harus terdiri dari penerapan tekanan awal tegangan frekuensi-kerja selama 10 detik. Tegangan tekanan-awal ini (prestress voltage) kemudian dikurangi sampai pada tegangan uji pelepasan sebagian tanpa penyelangan (interruption) dan dipertahankan pada tingkat ini selama lima menit.

Besarnya pelepasan sebagian maksimum yang diizinkan diukur selama menit terakhir pada tegangan uji pelepasan sebagian yang ditentukan, harus 10 pC.

1.5.3 Pengujian frekuensi-kerja antara seksi-seksi pada belitan primer dan sekunder dan pada belitan sekunder.

Tegangan uji harus sesuai dengan angka pada sub ayat 1.2.7.3 dan 1.2.7.4 dan diterapkan selama 1 menit antara terminal-terminal tiap belitan sekunder atau seksi belitan dan bumi. Rangka kotak (bila ada), inti (bila nantinya akan dibumikan) dan terminal-terminal lainnya atau seksi-seksi harus saling dihubungkan dan dibumikan.

1.5.4 Pengujian isolasi antara lilitan.

Pengujian tegangan lebih antar lilitan menurut syarat pada sub ayat 1.2.7.5, harus dilaksanakan sesuai salah satu prosedur uji dibawah ini.

Prosedur A.

Arus bolak-balik sinusoidal dengan frekuensi antara 40 Hz dan 62 Hz (sesuai

IEC Publication 60) yang nilai r.m.s nya lebih kecil dari atau sama dengan arus primer pengenal (atau arus yang diperbesar pengenal, bila memungkinkan), dialirkan selama satu menit pada belitan primer, cukup untuk menghasilkan tegangan pada terminal-terminal sekunder yang terbuka, dengan nilai puncak sama dengan tegangan uji yang ditentukan.

Prosedur B.

Tegangan uji yang ditentukan besarnya (pada suatu frekuensi yang cocok) diberikan selama satu menit pada terminal belitan sekunder sedemikian, hingga nilai rms arus sekunder tidak melebihi arus sekunder pengenal (atau arus yang diperbesar pengenal, bila memungkinkan). Belitan primer dalam keadaan terbuka.

Besarnya frekuensi pada pengujian tidak boleh lima kali lebih besar dari frekuensi pengenal. Pada frekuensi sebesar ini, besarnya tegangan uji bisa diperoleh pada arus sekunder pengenal (julat arus yang diperbesar, bila memungkinkan).

1.6 Uji Khusus

1.6.1 Pengujian impuls petir terpotong pada belitan primer.

Pengujian hanya dilaksanakan pada polaritas negatif dan dikombinasikan pengujian impuls-petir penuh polaritas negatif, menurut cara berikut ini. Impuls-petir standar dipotong sesudah 2 sampai 5 μ detik. Sirkit pemotong harus disusun sedemikian hingga besarnya ayunan lebih (over siving) kearah polaritas yang berlawanan dari impuls yang direkam, harus dibatasi sekitar 30% dari impuls terpotong urutan penerapan impuls harus sebagai berikut :

a). Belitan dengan Um < 300 kV.
- satu impuls penuh 100%.
- dua impuls terpotong 100%.
- empat belas impuls penuh 100%.

b). Belitan dengan Um ≥ 300 kV.
- satu impuls penuh 100 %.
- dua impuls terpotong 100 %.
- dua impuls penuh 100 %.

Perbedaan bentuk impuls pada penerapan gelombang penuh sebelum dan sesudah impuls terpotong, merupakan petunjuk adanya kegagalan sebelah dalam (internal fault). Loncatan api pada waktu impuls terpotong sepanjang isolasi luar yang pulih sendiri, harus diabaikan pada waktu menilai sifat dari isolasi luar.

1.6.2 Pengukuran faktor disipasi dielektrik.

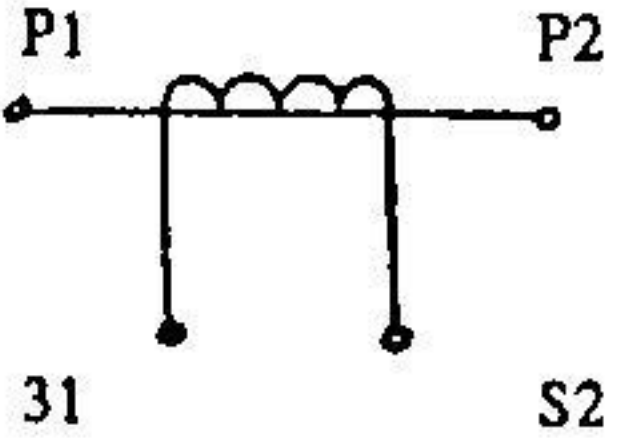
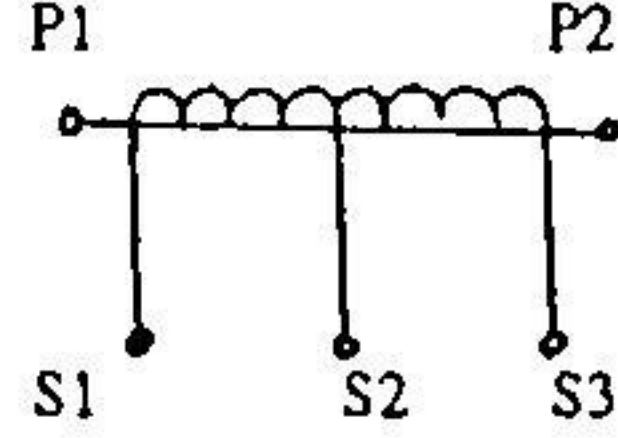
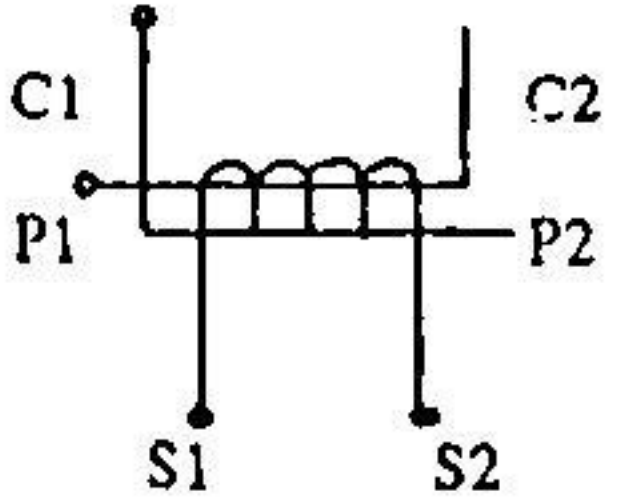
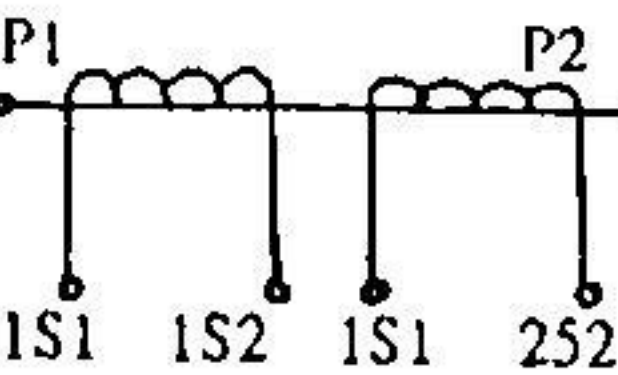
Pengukuran faktor disipasi dielektrik (tangan), dikerjakan sesudah pengujian frekuensi kerja pada belitan primer.
Suhu kitar dan suhu peralatan yang diuji harus antara 10°C dan 30°C. Faktor disipasi dielektrik diukur menggunakan Jembatan Schering atau cara lain yang sejenis.
Tegangan uji diterapkan pada terminal belitan primer yang dihubung singkat. Pada umumnya belitan sekunder yang dihubung singkat, tiap sekat (screen) dan kotak metal terisolasi harus dihubungkan kepada jembatan ukur. Bila transformator memiliki gawai khusus (terminal) cukup untuk pengukuran,

terminal-terminal lainnya harus dihubung singkatkan dan dihubung ke bumi atau ke kotak meter yang disekat.

1.7 Penandaan

1.7.1 Penandaan terminal-aturan umum.

Penandaan terminal harus dapat menunjukkan :

a). Belitan primer dan sekunder.
b). Seksi belitan, bila ada.
c). Polaritas relatif belitan dan seksinya.
d). Sadapan antara bila ada.

1.7.1.1 Metode penandaan

Terminal harus ditandai dengan jelas dan tak dapat dihapus, baik pada permukaannya maupun pada tempat disekitarnya.
Bila perlu penandaan harus terdiri dari huruf yang diikuti atau didahului oleh angka. Hurufnya harus huruf besar.

1.7.1.2 Penandaan yang digunakan.

Penandaan terminal transformator arus harus seperti yang ditunjukkan oleh tabel berikut ini:

Gbr. 1. - Transformator rasio tunggal

Gbr. 2. - Transformator dengan sadapan antara pada belitan sekunder

Gbr. 3. - Transformator dengan 2 seksi belitan primer, dimaksud untuk hubungan seri maupun paralel

Gbr. 4. - Transformator dengan 2 belitan sekunder, masing-masing dengan inti magnetiknya sendiri. (dua alternatif penandaan untuk terminal sekunder)

1.7.1.3 Petunjuk polaritas relatip.

Semua terminal bertanda P1, S1 dan C1 polaritasnya sama pada saat yang bersamaan.

1.7.2 Penandaan pelat pengenal.

Semua transformator arus harus ditandai paling sedikit dengan :

a). Nama pabrik pembuat atau tanda lain yang menunjukkan identitasnya.

b). Nomor seri atau nama tipe.

c). Arus primer dan sekunder pengenal yakni:

Kn = Ipn/Isn A (contoh : Kn 100 / 5 A)

d). Frekuensi pengenal (contoh : 50 Hz (c/s))

e). Keluaran pengenal dan kelas ketelitian yang bersesuaian, bersama-sama dengan informasi tambahan yang akan ditentukan pada bagian akhir dari rekomendasi ini (lihat ayat 32).

Catatan : Kategori belitan sekunder harus ditandai.
(Contoh: 1S, 15 VA. kelas 0,5; 2S, 30 VA, kelas 1)

f). Tegangan sistem tertinggi (Contoh : 38 kV atau 145 kV).

g). Tingkat isolasi pengenal (Contoh : 70 /-kV atau 275/650 kV).

Catatan :
1. Kedua perian f) dan g) boleh dikombinasikan dalam satu penandaan (Contoh : 38/70/-kV atau 145/275/650 kV).
2. Tanda garis mendatar menunjukkan ketiadaan tingkat tegangan implus.

Semua informasi yang tercantum pada transformator itu sendiri atau pada papan pengenal yang dipasang pada transformator dengan baik, tidak boleh terhapus. Bila tempat memungkinkan, informasi tambahan berikut ini dapat dicantumkan:

h). Arus termal singkat pengenal dan arus dinamik pengenal, bila yang belakangan ini berbeda dari yang terdahulu lebih dari 2,5 kali. (Contoh : 13 kA atau 13/40 kA)

i). Kelas isolasi, bila bukan isolasi kelas A.

Catatan : Bila digunakan beberapa material dengan kelas isolasi yang berlainan salah satu yang membatasi kenaikan suhu belitannya, harus disebutkan.

j). Transformator dengan dua belitan sekunder, penggunaan tiap belitan dan terminalnya yang bersesuaian.

2. SYARAT TAMBAHAN UNTUK TRANSFORMATOR ARUS UKUR

2.1 Umum

2.1.1 Ruang lingkup.

Bagian 2 ini meliputi ketentuan dan pengujian, sebagai tambahan dari Bagian 1, khusus bagi transformator arus yang akan digunakan untuk pengukuran.

2.1.2 Definisi.

2.1.2.1 Transformator arus ukur.

Transformator yang dimaksud untuk mencatu instrumen penunjuk, meter integrasi dan alat-alat sejenisnya.

2.1.2.2 Kesalahan Komposit.

Dalam kondisi ajeg, merupakan nilai r.m.s dari selisih antara :

a). Nilai sesaat arus primer.
b). Nilai sesaat arus sekunder aktual dikalikan dengan rasio transformasi pengenal.

Tanda positif dari arus primer dan sekunder diberikan menurut konvensi penandaan terminal.

Kesalahan komposit Ec pada umumnya dinyatakan dalam persen dari nilai r.m.s. arus primer menurut rumus :

$$Ec = \frac{100}{Ip}\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T (Kn\ is - ip)^2\ dt}.$$

Dimana :
Kn = Rasio transformasi pengenal.
Ip = Nilai r.m.s. arus primer.
ip = Nilai sesaat arus primer.
is = Nilai sesaat arus sekunder.
T = Selang waktu satu gelombang.

2.1.2.3 Arus primer batas instrumen pengenal.

Besarnya arus primer minimum dimana kesalahan komposit transformator arus ukur sama atau lebih besar dari 10% dimana beban sekundernya sama dengan beban pengenal.

Catatan : Kesalahan komposit harus lebih besar dari 10%, dimaksud untuk melindungi alat yang dicatu oleh transformator instrumen terhadap arus yang besar, yang dihasilkan pada saat gangguan sistem.

2.1.2.4 Faktor keamanan instrumen (FS).

Rasio antara arus primer batas instrumen pengenal dengan arus primer pengenalnya.

Catatan : Pada saat gangguan sistem, arus mengalir melalui belitan primer transformator instrumen, keamanan alat yang dicatu oleh transformator adalah tertinggi bila faktor keamanan instrumen pengenal (FS) kecil.

2.1.2.5 Batas emf sekunder (Secondary limiting emf).

Hasil kali antara faktor keamanan instrumen (FS), arus sekunder pengenal dan jumlah vektor dari beban pengenal dan impedansi belitan sekunder.

Catatan : 1. Metoda perhitungan batas emf sekunder ini akan memberikan harga yang lebih tinggi dari yang sebenarnya. Ini dipilih dengan maksud untuk menerapkan metoda uji yang sama seperti tersebut pada butir 3.1.2.5 dan butir 3.3.2 untuk transformator arus pengaman. Metoda lainnya boleh saja digunakan, asalkan ada

2. Untuk menghitung batas emf sekunder, hambatan belitan sekunder harus dikoreksi pada suhu 75°C.

2.1.2.6 Arus eksitasi.

Besarnya arus r.m.s. yang mengalir pada belitan sekunder transformator arus, bila tegangan sinusoidal dengan frekuensi pengenal diberikan pada terminal sekunder dimana belitan primer dan belitan lainnya terbuka (open-circuited).

Tabel IV
Batas kesalahan

Kelas ketelitian	Persentasi kesalahan arus (rasio) pada persentasi arus pengenalnya.				Pergeseran fase pada persentasi arus pengenalnya							
					Menit				Centi-radian			
	5	20	100	120	5	20	100	120	5	20	100	120
0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	15	8	5	5	0,45	0,24	0,15	0,15
0,2	0,75	0,35	0,2	0,2	30	15	10	10	0,9	0,45	0,3	0,3
0,5	1,5	0,75	0,5	0,5	90	45	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9
1,0	3,0	1,5	1,0	1,0	180	90	60	60	5,4	2,7	1,8	1,8

Tabel IV A

Batas kesalahan transformator arus untuk penggunaan khusus. Tabel ini hanya berlaku untuk transformator dengan arus sekunder pengenal 5 A.

Kelas ketelitian	± Persentasi kesalahan arus (rasio) pada persentasi arus pengenalnya				Pergeseran fase pada persentasi arus pengenalnya							
					Menit				Centi-radian			
	5	20	100	120	5	20	100	120	5	20	100	120
0,25	0,75	0,35	0,2	0,2	30	15	10	10	0,9	9,45	0,3	0,3
0,35	1,5	0,75	0,5	0,5	90	45	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9

2.2 Syarat Ketelitian

2.2.1 Penentuan kelas ketelitian.

Kelas ketelitian transformator arus ukur ditentukan oleh persentasi kesalahan arus tertinggi yang diperbolehkan pada arus pengenal.

2.2.1.1 Kelas ketelitian standar.

Kelas ketelitian standar untuk transformator arus pengukuran adalah :

0,1 - 0,2 - 0,5 - 1 - 3 - 5.

2.2.2 Batas kesalahan arus dan pergeseran fase.

Kesalahan arus dan pergeseran fase pada frekuensi pengenal bagi kelas 0,1 - 0.2 - 0.5 dan 1 tidak boleh lebih besar dari angka-angka pada Tabel III, bila beban sekundernya diantara 25% dan 100% dari beban pengenal.

Kesalahan arus dan pergeseran fase pada frekuensi pengenal dari transformator arus kelas 0,2 S dan 0,5 S untuk penggunaan khusus (khususnya dalam hubungannya dengan meter kelistrikan yang khusus, yang mengukur arus secara benar, mulai dari 50 mA sampai 6A, yakni antara 1% sampai 120% arus pengenal 5A), tidak boleh lebih dari angka-angka pada tabel IV A, bila beban sekunder antara 25% dan 100% beban pengenal.

Kelas-kelas tersebut terutama digunakan untuk rasio 25/5, 50/5, dan 100/5 dengan perkalian desimalnya dan hanya untuk arus sekunder pengenal 5 A.

Kesalahan arus untuk kelas 3 dan kelas 5 pada frekuensi pengenal tidak boleh lebih dari harga pada tabel V, bila beban sekundernya diantara 50% dan 100% beban pengenal.

Beban sekunder yang digunakan untuk pengujian harus pada faktor daya 0,8 terbelakang (lagging) kecuali bebannya kurang dari 5 VA, digunakan beban dengan faktor daya 1,0. Bila tidak disebutkan beban uji harus kurang dari 1 VA.

Tabel V
Batas kesalahan

Kelas	+ Persentasi kesalahan arus (rasio) pada persentasi arus pengenalnya.	
	50	100
3 5	3 5	3 5

Batas pergeseran sudut untuk kelas 3 dan kelas 5 tidak ditentukan.

2.2.3 Nilai pengenal arus yang diperbesar. (Extended current rating)

Transformator arus kelas 0,1 sampai 1 boleh diberi tanda yang menyatakan nilai pengenal arus yang diperbesar, asalkan memenuhi ketentuan-ketentuan dibawah ini :

a). Arus termal kontinyu pengenal adalah arus primer yang diperbesar pengenal yang dinyatakan dalam persen dari arus primer.

b). Batas kesalahan arus dan pergeseran fase untuk arus primer sampai 120% arus primer pengenal pada tabel IV, dilanjutkan sampai batas arus primer yang diperbesar.

Nilai standar arus primer yang diperbesar pengenal adalah 120%, 150% dan 200% dari arus primer pengenal.

2.3 Uji Ketelitian

2.3.1 Uji jenis.

Uji jenis untuk membuktikan dipenuhinya ketentuan sub ayat 2.2.2 bagi transformator kelas 0,1 sampai 1, dilakukan pada semua arus yang disebutkan pada Tabel IV dengan beban antara 25% sampai 100% beban nominalnya (dikenakan untuk minimum 1 VA. Transformator dengan batas arus yang diperbesar lebih dari 120%, diuji pada arus primer yang diperbesar pengenal disamping 120% arus primer pengenal.

Transformator kelas 3 dan kelas 5 diuji pada dua nilai arus sesuai Tabel V pada beban 50% dan 100% beban pengenalnya (dikenakan untuk minimum 1 VA).

2.3.2 Uji rutin.

Pada prinsipnya pengujian untuk ketelitian serupa dengan uji jenis seperti disebut pada sub ayat 2.3.1, tetapi pengurangan jumlah arus atau beban yang diuji diizinkan, asalkan sudah dapat diperlihatkan oleh pengujian jenis pada transformator yang serupa bahwa pengurangan jumlah arus uji sudah cukup membuktikan dipenuhinya sub ayat 8.2.2.

2.3.3 Arus keamanan instrumen.

Uji jenisnya boleh dilakukan dengan cara berikut :

Dengan primer dihubung - buka, tegangan yang benar-benar sinusoidal pada frekuensi pengenal dan harga r.m.s.nya sama dengan batas emf sekunder, diberikan pada belitan sekunder. Arus eksitasi (I eks) yang dihasilkan, yang dinyatakan dalam persen arus sekunder pengenal (I sn) dikalikan dengan faktor keamanan instrumen FS, harus sama atau lebih dari nilai pengenal kesalahan komposit sebesar 10% :

$$\frac{I\ eks}{Isn\ FS} \quad 100 \geq 10\%$$

Apabila hasil pengukuran ini masih dipertanyakan, pengukuran dengan pengujian langsung (lihat Lampiran A) dapat dilakukan dan hasilnya merupakan keputusan.

Catatan : Pengujian tak langsung sebenarnya sangat menguntungkan, karena tidak memerlukan arus primer yang besar (sebagai contoh 30000 A untuk arus primer pengenal 3000 A dan faktor keamanan instrumen 10) dan juga tidak memerlukan beban yang mampu dialiri arus sebesar 50 A.
Pengaruh dari penghantar balik primer secara fisis tidak efektif pada pengujian yang tak langsung ini.

Dalam keadaan kerja, pengaruhnya hanya memperbesar kesalahan komposit, yang memang diinginkan untuk keamanan peralatan yang dicatu oleh transformator ukur.

2.4 Penandaan

2.4.1 Penandaan pelat nama transformator arus ukur.

Pelat nama harus berisikan keterangan yang cocok dengan yang ditentukan oleh sub ayat 1.7.2.

Kelas ketelitian dan faktor keamanan instrumen harus disebutkan mengikuti keterangan keluaran pengenal yang sesuai (Contoh : 15 VA kelas 0,5 FS 10). Transformator arus dengan kemampuan arus yang diperbesar (sub ayat 2.2.3), pada papan namanya harus tertera kemampuan ini, yang ditulis setelah angka kelas. (Contoh : 15 KA kelas 0,5 ext 150%).

Catatan : Pelat nama boleh berisi informasi mengenai beberapa kombinasi keluaran dan kelas ketelitian transformator (Contoh : 15 VA kelas 0,5 - 30 VA kelas 1). Dan dalam hal ini besarnya keluaran yang non standar boleh dipergunakan (Contoh : 15 VA kelas 1 - 7 VA kelas 0,5).

3. SYARAT TAMBAHAN TRANSFORMATOR ARUS PENGAMAN.

3.1 Umum

3.1.1 Ruang lingkup.

Ayat ini mencakup pengujian dan syarat tambahan yang perlu bagi transformator arus untuk relai pengaman, disamping pengujian dan syarat pada bab I, dan khususnya untuk bentuk-bentuk pengaman dimana jaminan ketelitian sampai dengan beberapa kali arus pengenal merupakan syarat utama.

Untuk sistem proteksi tertentu, dimana karakteristik transformator arus tergantung pada desain keseluruhan peralatan proteksi, misal sistem seimbang kecepatan tinggi dan pengaman gangguan bumi pada jaringan yang dibumikan beresonansi mungkin dibutuhkan syarat tambahan.

Transformator arus yang digunakan baik untuk pengukuran maupun untuk pengamanan, harus memenuhi semua persyaratan dari standar ini.

3.1.2 Definisi

3.1.2.1 Transformator arus pengaman.

Transformator arus yang digunakan untuk mencatu relai pengaman.

3.1.2.2 Kesalahan komposit. (Lihat Lampiran A hal)

Dalam keadaan ajek, perbedaan nilai r.m.s adalah antara :
a). Nilai sesaat arus primer.
b). Nilai sesaat arus sekunder aktual yang dikalikan dengan rasio transformasi pengenal.

Tanda positif dari arus primer dan sekunder sesuai dengan konvensi mengenai penandaan terminal.

Kesalahan komposit pada umumnya dinyatakan dalam persen dari nilai r.m.s. arus primer menurut rumus sebagai berikut :

$$E = \frac{100}{Ip} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (Kn\ is - ip)^2\ dt}$$

Dimana :

Kn = Rasio transformasi pengenal.
Ip = Nilai r.m.s. arus primer.
ip = Nilai sesaat arus primer.
is = Nilai sesaat arus sekunder.
T = Selang waktu satu gelombang.

3.1.2.3 Arus primer batas ketelitian pengenal.

Besarnya arus primer (sampai suatu nilai) dimana kesalahan komposit dari transformator masih memenuhi syarat.

3.1.2.4 Faktor batas ketelitian.

Perbandingan nilai antara arus primer batas ketelitian pengenal dan arus primer pengenal.

3.1.2.5 E.m.f pembatas sekunder (secondary limitting emf)

Hasil kali dari faktor batas ketelitian, nilai arus sekunder pengenal dengan jumlah vektor beban pengenal dari impedansi belitan sekunder.

3.1.2.6 Arus eksitasi.

Besarnya arus r.m.s yang mengalir pada belitan sekunder transformator arus bila tegangan sinusoidal pada frekuensi pengenal diberikan pada terminal sekunder, dimana belitan primer dan belitan lainnya terbuka (Open - circuited).

3.2 Syarat Ketelitian

3.2.1 Faktor batas ketelitian standar.

Faktor batas ketelitian standar adalah :

5 - 10 - 15 - 20 - 30

3.2.2 Kelas ketelitian.

3.2.2.1 Penentuan kelas ketelitian.

Untuk transformator arus pengaman, kelas ketelitian diijinkan pada arus primer batas ketelitian pengenal yang ditentukan oleh persentasi kesalahan komposit tertinggi yang diijinkan pada arus primer batas ketelitian pengenal yang ditentukan penandaannya diikuti dengan huruf P (yang berarti pengaman)

3.2.2.2 Kelas ketelitian standar.

Kelas ketelitian standar transformator arus pengaman adalah : 5 P dan 10 P.

3.2.3 Batas kesalahan.

Pada frekuensi pengenal dan sekunder dihubungkan kebeban pengenal, maka kesalahan arus, pergeseran fase dan kesalahan komposit tidak boleh melebihi nilai yang disebutkan pada Tabel VI. Untuk menentukan kesalahan arus dan pergeseran fase, beban rangkaian yang digunakan haruslah mempunyai faktor daya 0,8 induktif kecuali untuk beban pengenal dibawah 5 VA, maka faktor daya 1,0 diijinkan untuk digunakan. Pada pengujian untuk menentukan kesalahan komposit maka beban harus mempunyai faktor daya antara 0,8 induktif hingga 1,0 tergantung persetujuan pabrik.

3.3 Syarat Ketelitian

3.3.1 Uji jenis dan uji rutin untuk kesalahan arus dan kesalahan komposit.

Pengujian kesalahan arus dan pergeseran fase harus dilaksanakan pada arus primer pengenal untuk membuktikan kesesuaian dengan sub-ayat 3.2.3.

3.3.2 Uji jenis untuk kesalahan komposit.

3.3.2.a Kesesuaian dengan batas kesalahan komposit seperti yang ditunjukkan Tabel VI. Harus dibuktikan melalui pengujian ketelitian pengenal yang benar-benar sinusoidal pada belitan primer dimana belitan sekunder terhubung kebeban yang besarnya sesuai dengan beban pengenal dan faktor daya antara 0,8 induktif dan 1,0 (sesuai persetujuan pabrik) atau lihat Lampiran A.

Pengujian boleh dilaksanakan pada transformator yang serupa dengan yang akan dikirim kepemakai dan dengan isolasi kurang yang, asalkan susunan geometrinya harus tetap sama.

Catatan : Bilamana arus primer sangat tinggi dan kumparan primer berupa batang tunggal, maka jarak antar penghantar primer balik dan transformator arus diperhitungkan, dengan meniru sesuai kondisi pemakaian.

3.3.2b Untuk transformator arus yang berinti cincin kontinyu kumparan sekunder tergulung seragam dan baik penghantar primer yang diletakkan ditengah-tengah cincin maupun kumparan primer tergulung seragam, maka pengujian langsung dapat digantikan dengan pengujian tidak langsung berikut ini, asalkan pengaruh penghantar primer balik dapat diabaikan.

Kumparan sekunder diberi tegangan yang benar-benar sinusoidal pada frekuensi pengenal yang nilainya r.m.s. nya sama dengan e.m.f. batas sekunder.

Arus eksitasi yang dihasilkan, dinyatakan sebagai persentasi arus sekunder pengenal dikalikan dengan faktor batas komposit yang disebutkan Tabel VI.

Catatan : 1. Waktu menghitung batas e.m.f. sekunder, impedansi kumparan harus dianggap sama dengan hambatan kumparan sekunder yang diukur pada suhu ruang dan dikoreksi kesuhu 75°C.

2. Waktu menentukan kesalahan komposit dengan metoda uji tidak langsung, perbedaaan yang mungkin terjadi antara rasio lilitan dan rasio transformasi pengenal tidak perlu diperhitungkan.

3.3.3 Uji rutin untuk kesalahan komposit.

Untuk semua transformator yang diklasifiksi sesuai sub ayat 3.3.2.b. uji rutin sama dengan uji jenis.

Untuk transformator selain yang disebutkan diatas, pengujian tak langsung dengan mengukur arus eksitasi boleh dilakukan tapi faktor koreksi harus diikutkan dalam hasilnya nanti, faktor yang diperoleh dari perbandingan uji-langsung dan uji tak-langsung diberlakukan terhadap transformator sejenis seperti yang masih dipertimbangkan (lihat catatan sub ayat 1.1.2), faktor batas ketelitiannya dan kondisi pembebanannya harus sama. Pada keadaan tertentu sertifikat pengujian harus tersedia dipabrik pembuat.

Catatan : 1. Faktor koreksi adalah sama dengan rasio antara kesalahan gabungan yang diperoleh dari uji langsung dengan arus eksitasi yang dinyatakan dalam persen dari arus pengenal sekunder dikalikan faktor batas ketelitian, seperti ditentukan dari uji-tak-langsung pada sub ayat 3.3.2.a.

2. Penamaan "Transformator sejenis" mengandung arti bahwa jumlah ampere-lilitan adalah sama tanpa memandang kesamaan rasio, sedang bentuk geometris, bahan magnetis dan kumparan sekunder identik.

Tabel VI
Batas kesalahan

Kelas ketelitian	Kesalahan arus pada arus primer pengenal	Pergeseran fase pada arus primer pengenal		Kesalahan komposit pada arus primer batas kesalahan pengenal
		menit	centiradial	
5 P	+ 1	+ 60	+ 1,8	5
10 P	+ 3	—	—	10

3.4 Penandaan

3.4.1 Penandaan pelat nama transformator arus pengaman.

Pelat nama harus berisi keterangan yang jelas sesuai sub ayat 1.7.2. Faktor batas ketelitian pengenal harus ditunjukkan mengikuti keluaran dan ketelitian yang bertautan. (misal : 30 VA kelas 5P10).

Catatan : Sebuah transformator arus yang memenuhi syarat dari beberapa kombinasi keluaran, kelas ketelitian dan faktor batas ketelitian dapat ditandai menurut hal-hal tersebut.

misal : (15VA kelas 0,5) atau (15VA kelas 0,5%)
(30VA kelas 1) (15VA kelas 1, ext. 150%)
(30VA kelas 5P10) (15VA kelas 5P20)

LAMPIRAN A

PENGAMAN TRANSFORMATOR ARUS

A.1 Diagram vektor.

Bila dimisalkan bahwa pada transformator arus bebannya hanya ada komponen magnetis dan listrik yang linier dan dimisalkan juga arus primernya sinusoidal, semua arus, tegangan dan fluksi juga akan sinusoidal dan unjuk kerja dapat digambarkan oleh diagram vektor, seperti gambar 5 halaman 34.

Pada gambar 5, Is menggambarkan arus sekunder. Arus ini mengalir melalui impendansi kumparan sekunder dan beban, yang menghasilkan besaran dan arah tegangan induksi yang diperlukan Es dan fluksi yang tegak lurus terhadap vektor tegangan Es. Fluksi ini dipertahankan oleh arus eksitasi Ie, yang mempunyai komponen magnetis Im paralel terhadap fluksi. Dan komponen rugi-rugi (komponen aktif) Ia, paralel terhadap tegangan. Jumlah vektor dari arus sekunder Is dan arus eksitasi Ie adalah vektor I"p yang menggambarkan arus primer dibagi oleh rasio lilitan (jumlah lilitan sekunder terhadap jumlah lilitan primer).

Jadi untuk transformator arus dengan rasio lilitan sama dengan rasio transformasi pengenal, perbedaan panjang vektor Is dan I"p, dihubungkan dengan panjang I"p, adalah kesalahan arus sesuai definisi ayat 1.1.3.10. dan perbedaan sudut adalah pergeseran fase sesuai ayat 1.1.3.11.

A.2 Bila rasio lilitan berbeda (biasanya lebih kecil) dari rasio transformasi pengenal, maka transformator arus dikatakan memiliki koreksi lilitan. Jadi dalam penilaian unjuk kerja sangatlah perlu untuk membedakan antara I"p, arus primer dibagi rasio transformasi dan I"p, arus primer dibagi rasio transformasi pengenal. Tidak adanya koreksi lilitan berarti Ip = I"p. Bila ada koreksi lilitan, maka Ip berbeda dari I"p, dan karena I"p digunakan pada diagram vektor dan Ip digunakan untuk menentukan kesalahan arus, dapat dilihat bahwa koreksi lilitan mempunyai pengaruh terhadap kesalahan arus (dan boleh digunakan untuk keperluan itu). Tetapi, vektor Ip dan I"p mempunyai arah sama yang sama, jadi koreksi lilitan tidak berpengaruh terhadap pergeseran fase. Nyatalah bahwa pengaruh koreksi lilitan pada kesalahan komosit lebih kecil dari pada pengaruhnya terhadap kesalahan arus.

A.3 Segitiga kesalahan.

Gambar 6 (halaman 34) adalah bagian atas dari vektor pada gambar 5 yang diperbesar. Kemudian diasumsikan bahwa pergeseran fase sangat kecil dan untuk praktisnya kedua vektor Is dan I"p dianggap paralel. Diasumsikan lagi bahwa tidak ada koreksi lilitan. Dengan memproyeksikan Ie ke Ip dapat dilihat bahwa dengan pendekatan yang baik komponen (I) dari, Ie dapat digunakan juga untuk memperoleh kesalahan arus, disamping selisih aljabar antara I"p dengan Is. Begitu juga komponen Iq dari Ie dapat digunakan untuk memperoleh pergeseran fase. Dengan asumsi tersebut diatas, dapat dilihat juga bahwa arus eksitasi Ie dibagi I"p sama dengan kesalahan komposit menurut sub-ayat 3.1.2.2.

Jadi, untuk transformator arus tanpa koreksi lilitan dan pada keadaan dimana penggambaran vektor dapat diandalkan, maka kesalahan arus, pergeseran sudut fase dan kesalahan komposit akan membentuk segitiga siku-siku.

Pada segitiga ini, sisi miring yang menggambarkan kesalahan komposit, tergantung dari harga mutlak impedansi beban total yang terdiri dari beban dan kumparan sekunder, sedangkan penguraian kesalahan arus dan pergeseran fase tergantung dari faktor daya impedansi beban total dan arus eksitasi.

Pergeseran fase nol dapat terjadi bila kedua faktor dayanya sama, yakni bila Is dan Ie sefase.

A.4 Kesalahan komposit.

Pemakaian yang terpenting dari konsep kesalahan komposit adalah keadaan dimana gambar vektor tidak dapat dipercaya karena keadaan non-linier menimbulkan harmonisa yang tinggi pada arus eksitasi dan pada arus sekunder (Lihat gambar 7 halaman 34) karena itulah maka kesalahan komposit didefinisikan sesuai sub-ayat 3.1.2.2. dan tidak dengan cara yang lebih mudah yakni jumlah vektor dari kesalahan arus dan pergeseran fase seperti yang ditunjukkan oleh gambar 6.

Jadi, pada masalah yang lebih luas kesalahan arus juga menggambarkan penyimpangan dari transformator arus ideal, yang disebabkan oleh timbulnya harmonisan yang tinggi pada kumparan sekunder, tetapi tidak ada disisi primer (arus disisi primer selalu dianggap sinusoidal dalam rekomendasi ini).

A.5 Pengujian langsung untuk menentukan kesalahan gabungan.

Gambar 8 halaman 34 menunjukan transformator arus dengan rasio gulungan 1/1. Transformator ini dihubungkan kesebuah sumber arus primer (sinusoidal), ke beban sekunder yang mempunyai karakteristik linier, dan ke sebuah meter ampere yang dihubungkan sedemikian rupa sehingga arus primer dan sekunder mengalir melalui meter tetapi dengan arah arus yang berlawanan.

Dalam hal ini arus resultant pada meter ampere adalah sama dengan arus eksitasi, asalkan arus primernya sinusoidal dan harga rms tersebut, bila dihubungkan dengan arus primer, merupakan kesalahan komposit, menurut sub-ayat 3.1.2.2.

Gambar 8 menggambarkan rangkaian dasar dari pengukuran kesalahan komposit. Gambar 9 halaman 34 memperlihatkan dua buah transformator arus dengan rasio transformasi pengenal yang sama.

Transformator arus yang diberi tanda N dimisalkan mempunyai kesalahan gabungan yang dapat diabaikan pada kondisi yang benar (beban minimum), sementara transformator arus yang diuji diberi tanda X terhubung kebeban

pengenalnya. Keduanya mendapat arus primer sinusoidal dari sumber yang sama dan meter ampere dipasang untuk mengukur perbedaan arus di kedua sekunder. Dalam keadaan ini, harga r.m.s. dari meter ampere A2 yang bila dihubungkan dengan nilai r.m.s. dari arus di meter ampere A1, merupakan kesalahan komposit dari transformator arus (x) yang dinyatakan dalam persen.

Dengan demikian, gambar 9 menunjukkan rangkaian dasar pengukuran langsung kesalahan komposit transformator arus, yang mempunyai rasio transformasi pengenal berbeda dari satu (unity). Dengan cara ini, penting untuk diperhatikan bahwa kesalahan komposit dari transformator arus N harus benar-benar dapat diabaikan.

Meskipun kesalahan komposit transformator arus (N) diketahui, kesalahan komposit ini tidak dapat digunakan untuk mengkoreksi hasil uji, karena begitu kompleksnya sifat kesalahan komposit (bentuk gelombang yang terganggu).

A.6 Cara lain untuk melakukan pengukuran langsung kesalahan komposit.

Salah satu cara mengukur kesalahan komposit ditunjukkan pada gambar 10 halaman 34. Bila cara seperti gambar 9 mensyaratkan sebuah transformator acuan "khusus" (N), dengan rasio transformasi pengenal sama dengan transformator (X) dan mempunyai kesalahan komposit yang dapat diabaikan pada arus primer batas ketelitian, maka metoda pada gambar 10 memungkinkan transformator arus acuan standar (N) dan (N') digunakan pada atau kira-kira sebesar arus primer pengenal. Walaupun demikian, kesalahan komposit transformator arus acuan tetap harus dapat diabaikan, tetapi syaratnya lebih mudah untuk dipenuhi.

Dalam diagram, (X) adalah transformator arus yang diuji dan (N) adalah transformator arus standar sebagai acuan, dengan arus primer pengenal, sama besar dengan arus primer batas ketelitian dari transformator (X) (besarnya arus uji), dan (N) adalah transformator acuan standar yang mempunyai arus primer pengenal setingkat besarnya dengan arus sekunder dan sesuai dengan arus primer batas ketelitian dari transformator (X). Perlu dicatat bahwa transformator (N!) merupakan bagian dari beban ZB transformator (X) dan karena itu harus diperhitungkan dalam menentukan besarnya beban Z'B. A1 dan A2 adalah dua buah meter ampere dan harus diperhatikan bahwa A2 mengukur perbedaan arus antara arus sekunder transformator (N) dan (N!).
Bila rasio transformasi pengenal transformator N adalah Kn, transformator X adalah Knx dan tranformator N' adalah K'n, maka rasio Kn harus sama dengna hasil perkalian vektor K'n dan Knx.

Yakni : Kn = K'n.Knx.

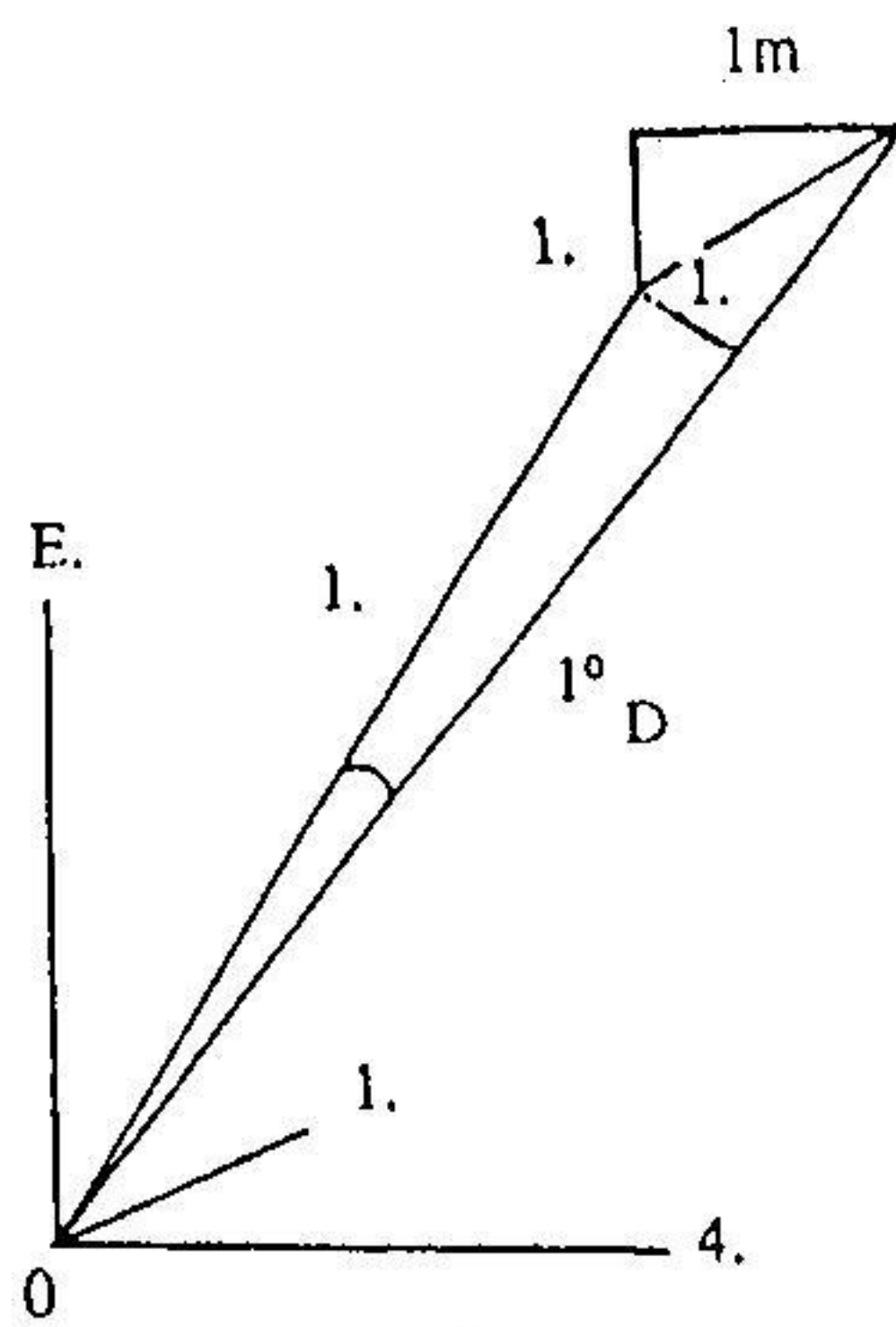
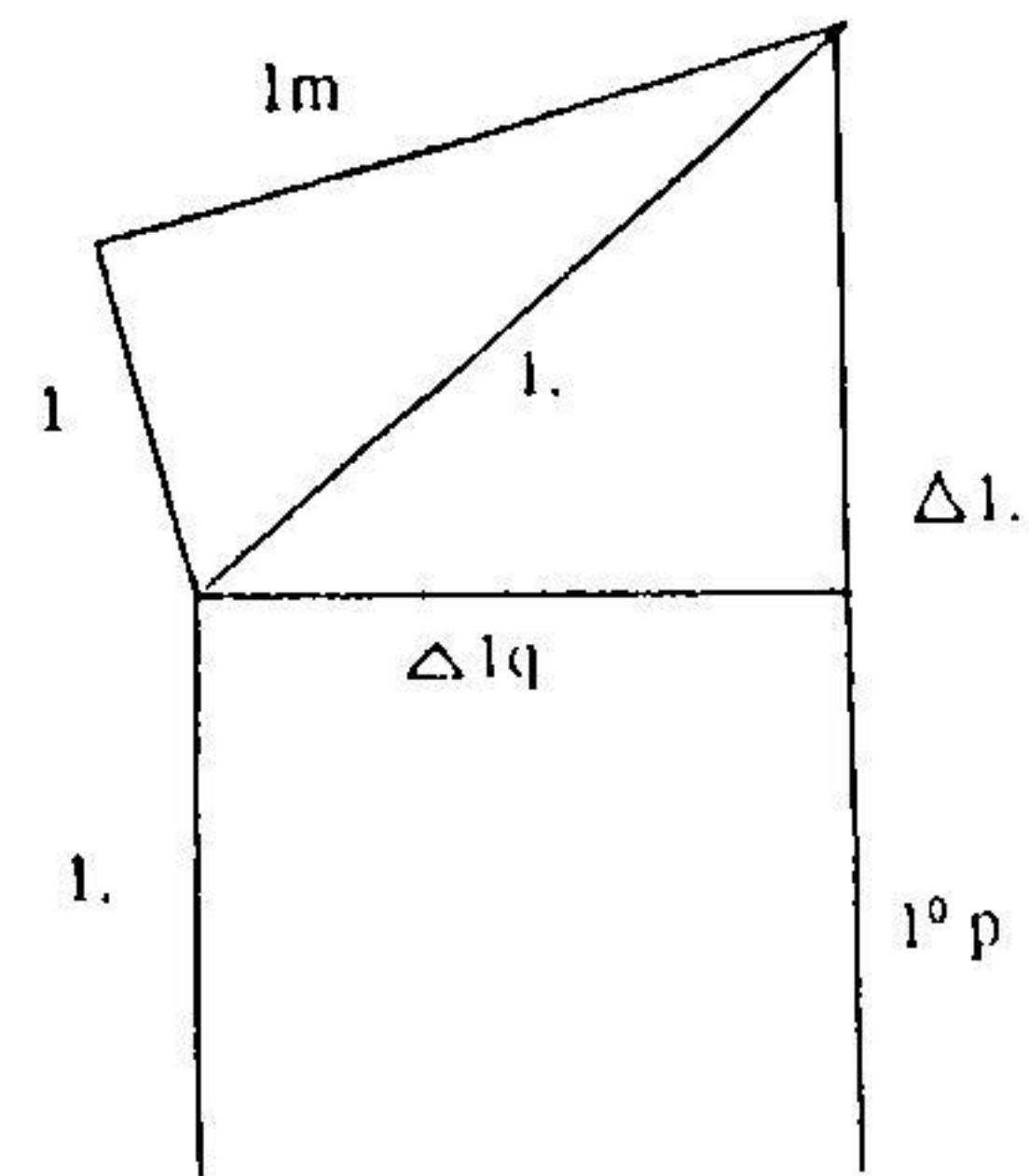
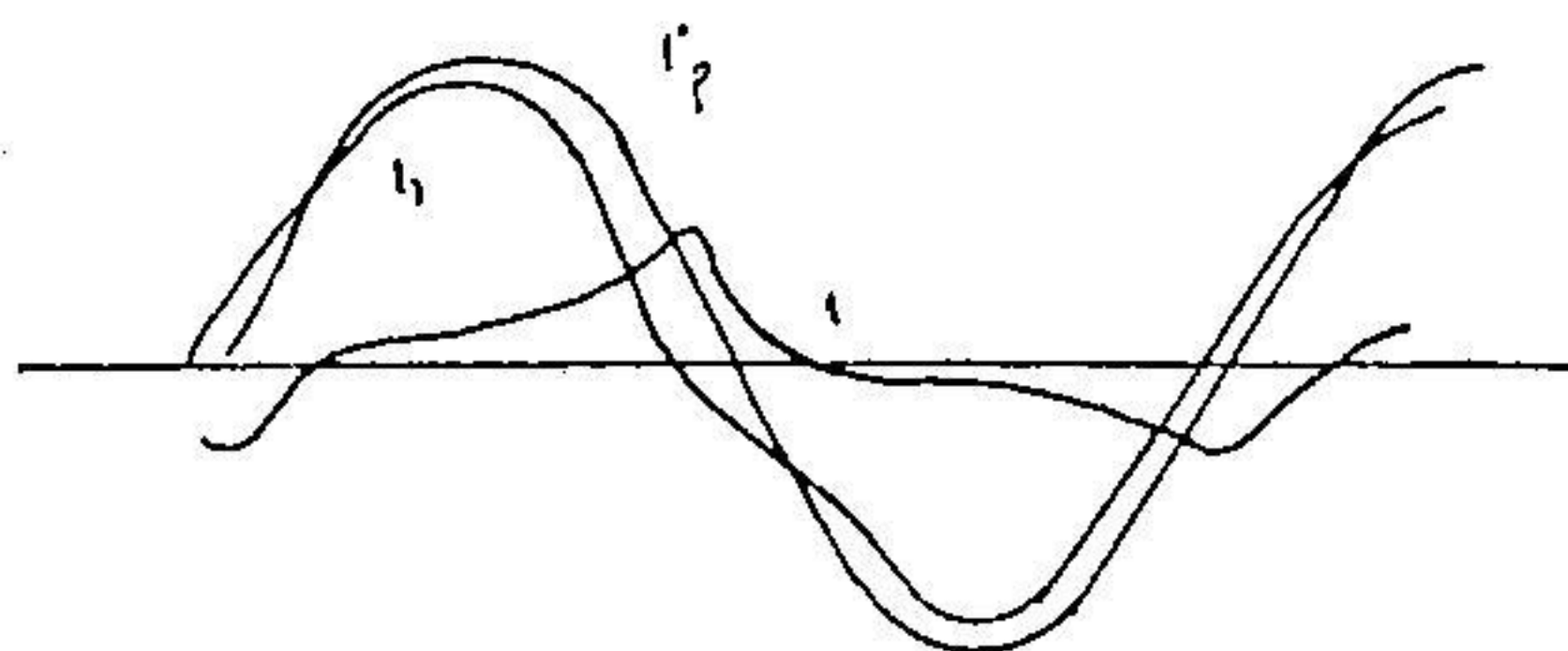
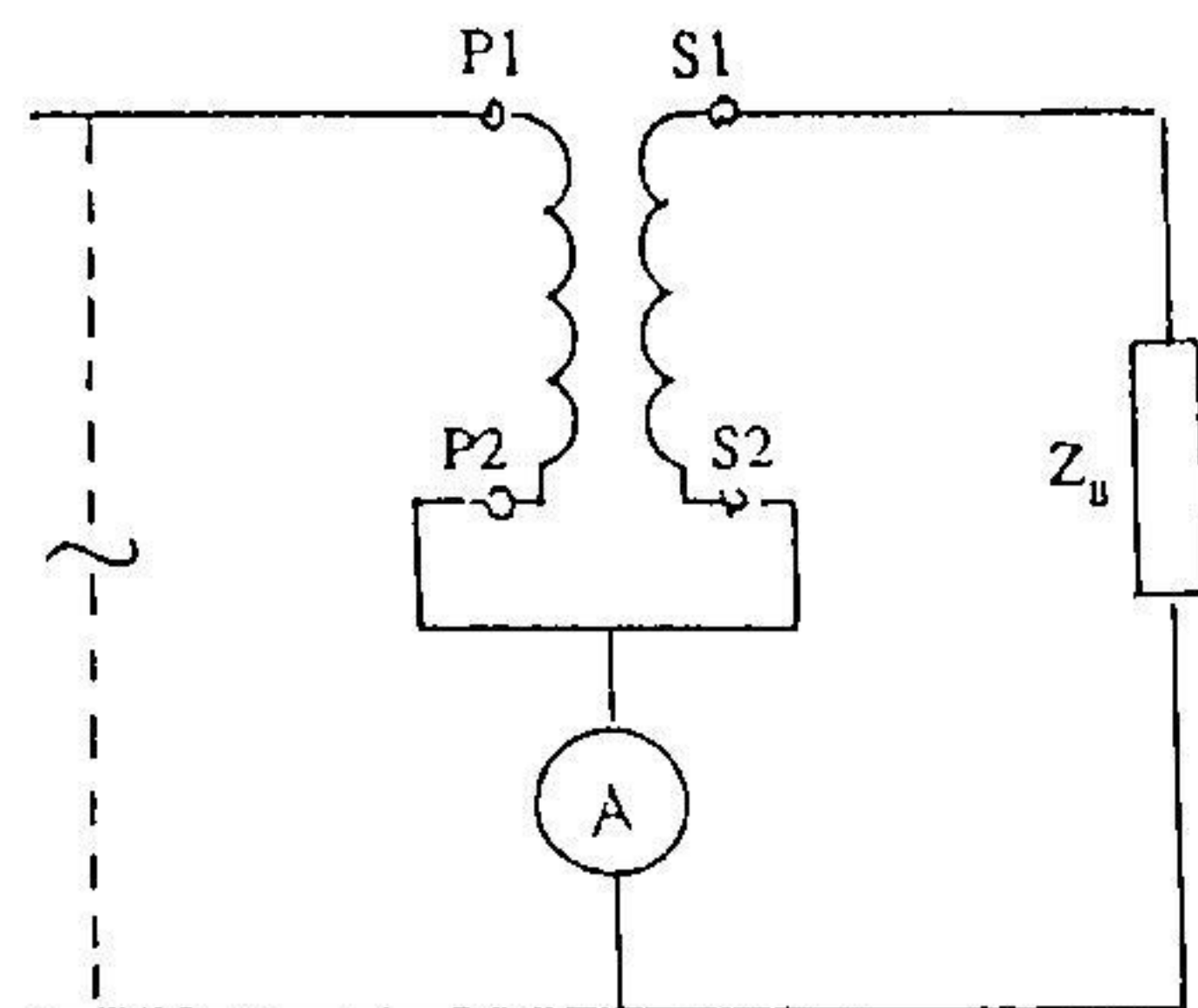
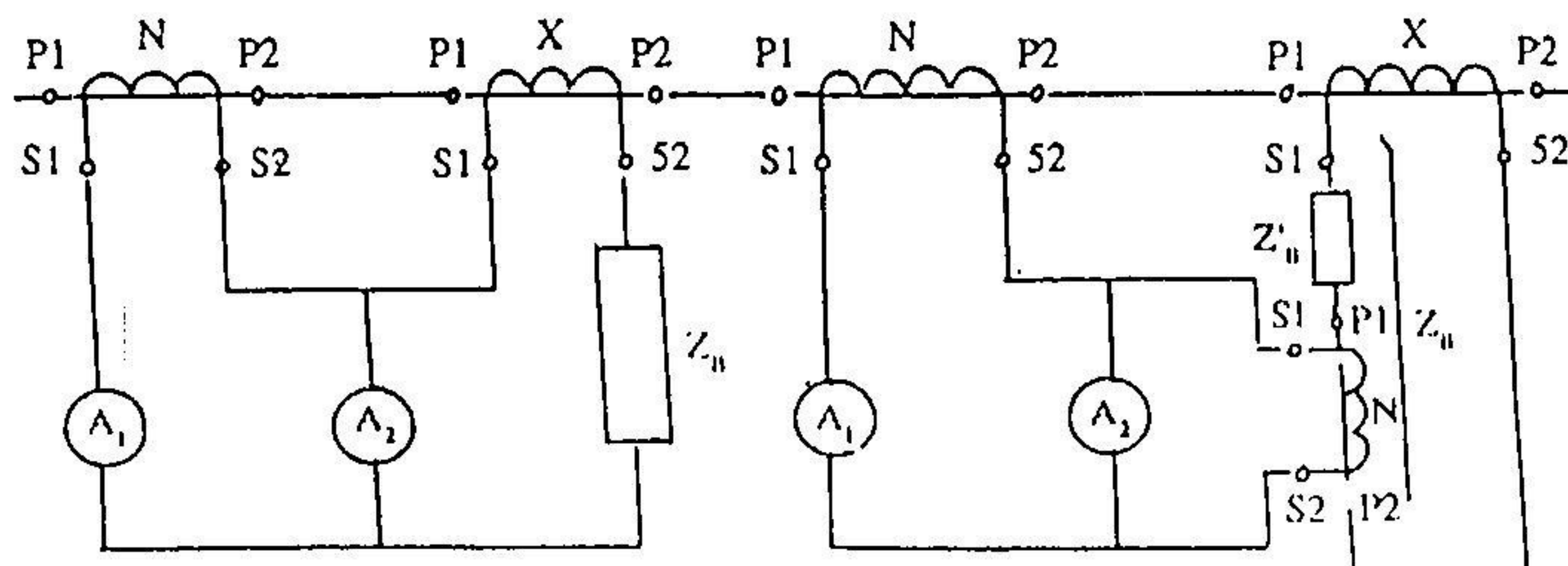
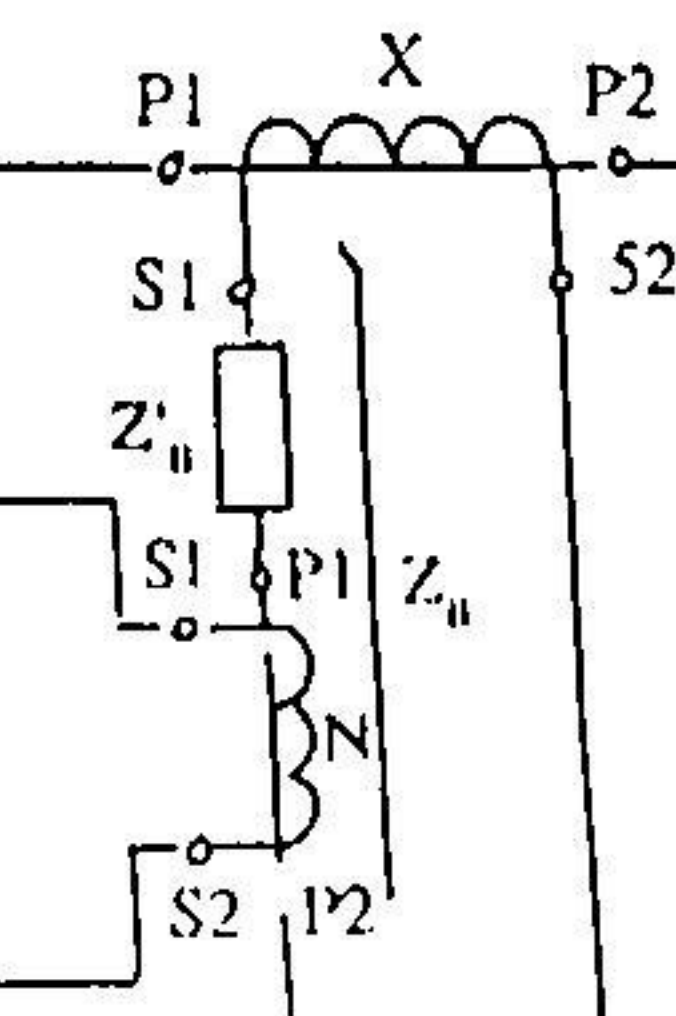
Dalam keadaan ini nilai r.m.s dari arus yang terbaca pada meter amper A2, dihubungkan dengan arus pada meter ampere A1, adalah kesalahan komposit dari transformator X yang dinyatakan dalam persen.

Catatan: Bila menggunakan cara seperti pada gambar 9 dan 10 perlu diperhatikan bahwa meter Amper A2 harus berimpedansi rendah karena tegangan jatuh pada meter ini (dibagi dengan rasio transformator arus N' pada keadaan seperti gambar 10) merupakan bagian dari tegangan beban transformator arus X dan cenderung untuk mengurangi beban dari transformator arus X ini. Hal yang serupa tegangan jatuh pada meter amper ini menambah beban transformator arus N.

A.7 Penggunaan kesalahan komposit.

Nilai numerik dari kesalahan komposit tidak pernah lebih kecil dari jumlah vektor kesalahan arus dan pengeseran fase. (yang terakhir dinyatakan dalam centiradian). Maka dari itu kesalahan komposit selalu menunjukkan harga kemungkinan tertinggi dari kesalahan arus atau pengeseran fase.

Untuk operasi relai arus lebih, kesalahan arus memegang peranan yang sangat penting, sedang untuk operasi rele fase, misalnya rele arah, kesalahan fase yang memegang peranan penting. Dalam hal relai diferensial, kombinasi kesalahan komposit dari transformator-transformator arus yang dipergunakan, haruslah diperhitungkan.

Salah satu keuntungan lagi dari pembatasan kesalahan komposit adalah dibatasinya kandungan harmonisa pada arus sekunder yang amat diperlukan untuk operasi yang betul pada bebarapa jenis rele tertentu..

Gambar 5

Gambar 6

Gambar 7

Gambar 8

Gambar 9

Gambar 10

SALINAN : KEPUTUSAN MENTERI PERTAMBANGAN DAN ENERGI

MENTERI PERTAMBANGAN DAN ENERGI
REPUBLIK INDONESIA

KEPUTUSAN MENTERI PERTAMBANGAN DAN ENERGI

NOMOR : 1321 K/09/M.PE/1988

STANDAR LISTRIK INDONESIA

MENTERI PERTAMBANGAN DAN ENERGI

Membaca : Surat Direktur Jenderal Listrik & Energi Baru Nomor : 3698/41/600.3/ 1988 tanggal 3 Oktober 1988.

Menimbang :

a. bahwa standar-standar ketenagalistrikan sebagaimana tercantum dalam lajur 2 Lampiran Keputusan ini adalah merupakan hasil rumusan dan pembahasan konsep standar sebagaimana diatur dalam Pasal 8 ayat (1) dan (2) Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor : 02/P/M/ Pertamben/1983 tanggal 3 Nopember 1983 tentang Standar Listrik Indonesia;

b. bahwa sehubungan dengan itu, untuk melindungi kepentingan masyarakat umum dan konsumen dibidang ketenagalistrikan, dipandang perlu menetapkan standar-standar ketenagalistrikan tersebut ad. a menjadi Standar Listrik Indonesia sebagaimana tercantum dalam Lajur 3 dan 4 Lampiran Keputusan ini.

Mengingat :

1. Undang-undang Nomor 15 Tahun 1985 (LN. Tahun 1985 Nomor 74, TLN. Nomor 3317);
2. Peraturan Pemerintah Nomor 36 Tahun 1979 (LN. Tahun 1979 Nomor 58, TLN Nomor 3154);
3. Keputusan Presiden Nomor 15 Tahun 1984, tanggal 6 Maret 1984;
4. Keputusan Presiden Nomor 64/M. Tahun 1988, tanggal 21 Maret 1988;
5. Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 02/P/M/ Pertamben/1983, tanggal 3 Nopember 1983.

M E M U T U S K A N

Menetapkan :

PERTAMA : Menetapkan Standar-standar Ketenagalistrikan sebagaimana tercantum dalam Lajur 3 dan 4 Lampiran ini sebagai Standar Listrik Indonesia (SLI).

KEDUA Ketentuan mengenai penerapan Standar Listrik Indonesia (SLI) sebagaimana dimaksud dalam diktum PERTAMA.Keputusan ini diatur lebih lanjut oleh Direktur Jenderal Listrik dan Energi Baru.

KETIGA : Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di : J A K A R T A
Pada tanggal : 15 Oktober 1988

MENTERI PERTAMBANGAN DAN ENERGI,

ttd.

GINANDJAR KARTASASMITA

SALINAN Keputusan ini disampaikan kepada Yth :

1. Para Menteri Kabinet Pembangunan V;
2. Ketua Dewan Standardisasi Nasional;
3. Pimpinan Lembaga Pemerintah Non Departemen;
4. Sekretaris Jenderal Departemen Pertambangan dan Energi;
5. Direktur Jenderal Listrik dan Energi Baru;
6. Direktur Utama BUMN di lingkungan Dep. Pertambangan dan Energi;
7. Ketua KADIN;
8. Kepala Biro Pusat Statistik.

LAMPIRAN KEPUTUSAN MENTERI PERTAMBANGAN DAN ENERGI
NOMOR : 1321 K/09/M.PE/1988
TANGGAL : 15 OKTOBER 1988

NO.	STANDAR - STANDAR KELISTRIKAN	DAFTAR STANDAR LISTRIK INDONESIA (SLI)	
		NAMA SLI	CODE/NOMOR SLI
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Kabel Berisolasi PVC, Tegangan Pengenal 450/750 volt (NYA)	Kawat Berisolasi PVC, Tegangan Pengenal 450/750 volt (NYA)	SLI 058 - 1987 / a. 042
2	Kabel Berisolasi dan Berselubung PVC, Tegangan Pengenal 300/500 volt (NYM)	Kawat Berisolasi dan Berselubung PVC, Tegangan Pengenal 300/500 volt (NYM)	SLI 059 - 1987 / a. 043
3	Kabel Berisolasi dan Berselubung PVC, tanpa Perisai dengan Tegangan Pengenal 0,6/1 kV (NYY/NAYY)	Kabel Berisolasi dan Berselubung PVC, tanpa Perisai dengan Tegangan Pengenal 0,6/1 kV (NYY/NAYY)	SLI 060 - 1987 / a. 044
4	Kabel Berisolasi dan Berselubung PVC, Berperisai Kawat Baja dengan Tegangan Pengenal 0,6/1 kV (NYFGB/NYRGBY/ NAYFGBY/NAYRGBY)	Kabel Berisolasi dan Berselubung PVC, Berperisai Pita Baja Tegangan Pengenal 0,6/1 kV (NYFGBY/NYRGBY/ NAYFGBY/NAYRGBY)	SLI 061 - 1987 / a. 045
5	Kabel Berisolasi dan Berselubung PVC, Berperisai Pita Baja dengan Tegangan Pengenal 0,6/1 kV (NYBY/NAYBY)	Kabel Berisolasi dan Berselubung PVC, Berperisai Pita Baja/Aluminium Tegangan Pengenal 0,6/1 kV (NYBY/NAYBY)	SLI 062 - 1987 / a. 046
6	Kabel Pilin Udara Tegangan Pengenal 0,6/1 kV (NFA2X-T/ NFA2X/NF2X/NFY)	Kabel Pilin Udara Tegangan Pengenal 0,6/1 kV (NFA2X-T/NFA2X/NF2X/ NFY)	SLI 063 - 1987 / a. 047
7	Kabel Berisolasi XLPE dan Berselubung PVC, Tegangan Pengenal di atas 1 kV s/d 30 kV	Kabel Berisolasi XLPE dan Berselubung PVC, Tegangan Pengenal di atas 1 kV s/d 30 kV	SLI 064 - 1987 / a. 048

(1)	(2)	(3)	(4)
8	Perisai Kabel Listrik Bagian 1 : Umum Bagian 2 : Kawat baja pipih lapis seng Bagian 3 : Kawat baja bulat lapis seng Bagian 4 : Pita baja lapis seng Bagian 5 : Perisai kabel listrik — Aluminium — Tembaga — B a j a — Baja tahan karat	Perisai Kabel Listrik Bagian 1 : Umum Bagian 2 : Kawat baja pipih lapis seng Bagian 3 : Kawat baja bulat lapis seng Bagian 4 : Pita baja lapis seng Bagian 5 : Perisai kabel listrik — Aluminium — Tembaga — B a j a — Baja tahan karat	SLI 065 - 1987 a. 049
9	Kabel Mobil : Bagian 1 : Kabel fleksibel ber-isolasi PVC untuk instalasi kabel mobil Bagian 2 : Kabel fleksibel ber-isolasi PVC untuk rangkaian netral	Kabel Mobil : Bagian 1 : Kabel fleksibel ber-isolasi PVC untuk instalasi kabel mobil Bagian 2 : Kabel fleksibel ber-isolasi PVC untuk rangkaian netral	SLI 066 - 1987 a. 050
10	Kabel Elektronik : Bagian 1 : Kabel berisolasi PVC Tegangan Pengenal 600 volt Suhu Pengenal 105°C (NYAF-R 6/105) Bagian 2 : Kabel berisolasi PVC Tegangan Pengenal 1000 volt Suhu Pengenal 90°C (NYAF-R 10/90) Bagian 3 : Kabel berisolasi PVC Tegangan Pengenal 300 volt Suhu Pengenal 80°C (NYAF-R 3/80)	Kabel Elektronik : Bagian 1 : Kabel berisolasi PVC Tegangan Pengenal 600 volt Suhu Pengenal 105°C (NYAF-R 6/105) Bagian 2 : Kabel berisolasi PVC Tegangan Pengenal 1000 volt Suhu Pengenal 90°C (NYAF-R 10/90) Bagian 3 : Kabel berisolasi PVC Tegangan Pengenal 300 volt Suhu Pengenal 80°C (NYAF-R 3/80)	SLI 067 - 1987 a. 051
11	Metode Uji Kawat Kumparan	Metode Uji Kawat Kumparan	SLI 068 - 1987 a. 052

(1)	(2)	(3)	(4)
12	Cara Pengujian untuk Kawat Email Penampang Segi Empat	Cara Pengujian untuk Kawat Email Penampang Segi Empat	SLI 069 - 1987 a. 053
13	Bobbin untuk Kawat Kumparan	Bobbin untuk Kawat Kumparan	SLI 070 - 1987 a. 054
14	Lengkapan Kabel dengan Tegangan Pengenal U sampai dengan 30 kV Bagian 1 : Umum	Lengkapan Kabel dengan Tegangan Pengenal U sampai dengan 30 kV Bagian 1 : Umum	SLI 071 - 1987 a. 055
15	Lengkapan Kabel dengan Tegangan Pengenal U sampai dengan 30 kV Bagian 2 : Sambungan Kabel Tegangan Pengenal Uo/U di atas 0,6/1 kV	Lengkapan Kabel dengan Tegangan Pengenal U sampai dengan 30 kV Bagian 2 : Sambungan Kabel Tegangan Pengenal Uo/U di atas 0,6/1 kV	SLI 072 - 1987 a. 056
16	Lengkapan Kabel dengan Tegangan Pengenal U sampai dengan 30 kV Bagian 3 : Sambungan Kabel dengan Tegangan Pengenal Uo/U = 0,6/1 kV	Lengkapan Kabel dengan Tegangan Pengenal U sampai dengan 30 kV Bagian 3 : Sambungan Kabel dengan Tegangan Pengenal Uo/U = 0,6/1 kV	SLI 073 - 1987 a. 057
17	Lengkapan Kabel dengan Tegangan Pengenal U sampai dengan 30 kV Bagian 4 : Terminasi Kabel untuk Pasangan dalam dengan Tegangan Pengenal Uo/U di atas 0,6/1 kV	Lengkapan Kabel dengan Tegangan Pengenal U sampai dengan 30 kV Bagian 4 : Terminasi Kabel untuk Pasangan dalam dengan Tegangan Pengenal Uo/U di atas 0,6/1 kV	SLI 074 - 1987 a. 058
18	Lengkapan Kabel dengan Tegangan Pengenal U sampai dengan 30 kV Bagian 5 : Terminasi Kabel untuk Pasangan luar dengan Tegangan Pengenal Uo/U di atas 0,6/1 kV	Lengkapan Kabel dengan Tegangan Pengenal U sampai dengan 30 kV Bagian 5 : Terminasi Kabel untuk Pasangan luar dengan Tegangan Pengenal Uo/U di atas 0,6/1 kV	SLI 075 - 1987 a. 059
19	Transformator Tegangan	Transformator Tegangan	SLI 076 - 1987 a. 060
20	Transformator Arus	Transformator Arus	SLI 077 - 1987 a. 061

(1)	(2)	(3)	(4)
21	Keamanan Pemanfaat Listrik Rumah Tangga dan sejenisnya Bagian 2 : Persyaratan khusus untuk lemari pendingin dan pembeku makanan	Keamanan Pemanfaat Listrik Rumah Tangga dan sejenisnya Bagian 2 : Persyaratan khusus untuk lemari pendingin dan pembeku makanan	SLI 078 - 1987 a. 062
22	Frekuensi Standar	Frekuensi Standar	SLI 079 - 1987 a. 014
23	Arus Pengenal Standar	Arus Pengenal Standar	SLI 080 - 1987 a. 015
24	Frekuensi Standar untuk Instalasi Jaringan Kendali terpusat	Frekuensi Standar untuk Instalasi Jaringan Kendali terpusat	SLI 081 - 1987 a. 016
25	Instalasi Rumah/Bangunan Listrik Pedesaan	Instalasi Rumah/Bangunan Listrik Pedesaan	SLI 082 - 1987 a. 017
26	Jaringan Distribusi Listrik Pedesaan	Jaringan Distribusi Listrik Pedesaan	SLI 083 - 1987 a. 018
27	Pemutus Daya arus bolak-balik Tegangan Tinggi Bagian-bagian Nilai Pengenal	Pemutus Daya arus bolak-balik Tegangan Tinggi Bagian-bagian Nilai Pengenal	SLI 084 - 1987 a. 063
28	Uji Isolator Keramik atau Isolator Gelas untuk saluran udara Bertegangan Nominal lebih dari 1000 volt	Uji Isolator Keramik atau Isolator Gelas untuk saluran udara Bertegangan Nominal lebih dari 1000 volt	SLI 085 - 1987 a. 064
29	Dimensi Isolator Tonggak dan Unit Isolator Tonggak Pasangan Dalam dan Luar untuk Sistem dengan Tegangan Nominal lebih dari 1000 V	Dimensi Isolator Tonggak dan Unit Isolator Tonggak Pasangan Dalam dan Luar untuk Sistem dengan Tegangan Nominal lebih dari 1000 V	SLI 086 - 1987 a. 065
30	Pedoman bagi Peralatan Elektro Mekanik untuk Pusat Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) Bagian 1 : Uraian Rencana dan Kondisi Operasi Instalasi dari Pusat Pembangkit	Pedoman bagi Peralatan Elektro Mekanik untuk Pusat Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) Bagian 1 : Uraian Rencana dan Kondisi Operasi Instalasi dari Pusat Pembangkit	SLI 087 - 1987 a. 066
31	Rencana dan Prosedur Pengambilan Contoh untuk Inspeksi Barang	Rencana dan Prosedur Pengambilan Contoh untuk Inspeksi Barang	SLI 088 - 1987 a. 067

(1)	(2)	(3)	(4)
32	Penandaan Terminal dan Arah Putaran Mesin Berputar	Penandaan Terminal dan Arah Putaran Mesin Berputar	SLI 089 - 1987 / a. 068
33	Pengenal dan Performans	Pengenal dan Performans	SLI 090 - 1987 / a. 069
34	Sistem Energi Surya Fotovoltaik	Sistem Energi Surya Fotovoltaik	SLI 091 - 1987 / a. 070
35	Amandemen SLI 013-1984 mengenai Perlengkapan Hubung Bagi	Amandemen SLI 013-1984 mengenai Perlengkapan Hubung Bagi	Amandemen-1 / SLI 013-84/1987

MENTERI PERTAMBANGAN DAN ENERGI

ttd.

GINANDJAR KARTASASMITA